Biblioteca Atrium de la CARPINTERIA

Carpintería de taller y de armar

COLECCION TECNICA DE BIBLIOTECAS PROFESIONALES

OCEANO/CENTRUM

Biblioteca Atrium de la CARPINTERIA 3

COLECCION TECNICA DE BIBLIOTECAS PROFESIONALES

OCEANO/CENTRUM

Sumario

Pág.

1. CARPINTERÍA DE TALLER Y CARPINTERÍA DE ARMAR 9
- Marcos de puertas, ventanas y balconeras 10
- Generalidades 11
- Clases de marcos 13
- Marco de tabique 13
- Marco de tabicón 13
- Marco de ladrillo plano 13
- Marco de duella 14
- Marco de pestaña 14
- Construcción de un marco 14
- Ensamble de marco de ladrillo plano 15
- Ensamble de marco de tabicón 15
- Ensamble de marco de duella 15
- Ensamble de marco de pestaña 16
- Marcos decorativos 16
- Los premarcos 17
- Dispositivos de giro 17
- Bisagras 17
- Tipos de bisagra 18
- Bisagra plana. Bisagra de codo o pestaña 18
- Pernios 19
- Otros herrajes de los marcos 20
- Cerraduras 20
- Fallebas 21
- Muelles hidráulicos 22
- Cerraduras compuestas 22

2. HOJAS DE PUERTAS: GENERALIDADES 23
- Definición de las partes de una puerta 24
- Hoja de puerta plana 24
- Alma llena 24
- Alma alveolada 25
- Alma alistonada 25
- Puerta de relieves 25
- Bastidor 25
- Parte central 26
- Canteado 26
- Denominación de las puertas según su estructura 26
- Puerta almohadillada 26
- Puerta de barrotes 26
- Puerta de bastidor 27
- Puerta a la catalana 27
- Puerta claveteada 27
- Puerta de cuarterones 27
- Puerta chapeada o contrachapeada 27
- Puerta a la francesa 27
- Puerta a la italiana 28
- Puerta mixta 28
- Denominación de las puertas según su accionamiento 28
- Puerta de eje vertical normal 28
- Puerta de vaivén o doble acción 28
- Puerta pivotante 28
- Puerta corredera 28
- Puerta corredera articulada 29
- Puerta de guillotina 29
- Puerta giratoria 29
- Puerta basculante 29
- Observaciones especiales sobre puertas 29
- Mano de las puertas 30
- La disposición de la herrajería en las puertas 30
- Emplazamiento de las puertas 31
- Algunos consejos sobre las puertas 32
- La construcción de puertas externas 33
- Puertas sencillas 33
- Puertas de calle 34
- Puertas de terraza 35
- La construcción de puertas internas 35
- Puerta de dos o más paneles 35
- Puertas de superficies lisas 36

3. HOJAS DE VENTANA Y BALCONERAS 37
- Hojas de ventana 37
- Elementos principales de una ventana 38
- Posición de una ventana 38
- Denominación constructiva de la ventana 39
- Sistemas básicos para la abertura de ventanas 39
- Sistema de eje vertical normal 39
- Sistema de eje horizontal 39
- Sistema basculante de eje horizontal y vertical 40
- Sistema de acción compuesta 40
- Características constructivas para las ventanas de exteriores 41
- Las junturas entre dos hojas 42

Sumario

Pág.

- Junturas en una ventana que abre al exterior ... 42
- Junturas en una ventana que abre al interior 42
- Acabados y protección de una ventana ... 43
- Hojas de balconeras ... 44
- La balconera de corredera ... 44
- La balconera sencilla ... 44
- Persianas ... 45
- Persianas de tablilla fija ... 45
- Colocación de las tablillas ... 46
- Persianas de tablilla móvil ... 47
- Persianas de tablillas enrollables ... 48
- Marco para persiana enrollable ... 49
- Marco para persiana embutida. Marco para persiana semiembutida ... 50

4. CARPINTERÍA PREFABRICADA ... 51
- Paneles prefabricados ... 51
- Puertas prefabricadas ... 53
- Puerta con alma de viruta ... 53
- Puerta con alma de listones ... 53
- Puerta con alma de láminas ... 53
- Encofrados para la prefabricación de piezas ... 54
- Encofrado volumétrico envolvente ... 54
- Encofrado para vigas de acero ... 55
- Encofrado para escaleras ... 56
- Encofrado para columnas ... 56
- Encofrado superficial ... 57
- Encofrado superficial para forjados planos ... 57
- Encofrado superficial, vertical y curvo ... 58

5. RECUBRIMIENTOS ... 59
- Recubrimiento interno ... 59
- Revestimiento de zócalo o arrimadero ... 60
- Revestimiento de altura, parcial y total ... 60
- Revestimiento de altura con paneles ... 61
- Revestimiento de altura con tablas machihembradas ... 61
- Revestimiento de techo o artesonado ... 62
- Artesonado de techo real ... 62
- Artesonado de tabla machihembrada ... 63
- Artesonado de tablero ... 63
- Artesonado en piso de madera ... 63
- Techos rasos de tablero aglomerado ... 63

Pág.

- El tablero aglomerado como cielo raso en diferentes tipos de techos ... 64
- Revestimiento de tabiques con tablero aglomerado ... 65
- Revestimiento con tablero aglomerado clavado a rastreles ... 65
- Relación entre revestimientos de techo y muro 66
- Techo y suelo ... 66
- Sólo muros ... 66
- Muro y suelo ... 66
- Arrimadero y techo ... 67
- Recubrimientos en relación con el tabique ... 67
- Acondicionamiento del muro macizo ... 67
- Tabiques con revestimiento constructivo ... 68
- Entramado de los tabiques ... 68
- Propiedades de un tabique ... 69
- Recubrimientos externos ... 69
- Recubrimientos de tablas ... 70
- La tabla machihembrada ... 70
- La tabla solapada ... 71
- El recubrimiento de tabla y listón ... 71
- Tejas de madera o tejuelas ... 72
- Empleo del tablero contrachapado en revestimientos de exterior ... 73
- Preparación de los tableros para ser puestos en obra ... 73
- Ensamblaje y montaje de los paneles ... 74
- Acabado de los tableros ... 74
- Estanquidad de las uniones ... 74

6. SUELOS ... 75
- Entarimados ... 75
- Durmientes (estructura del entarimado) ... 75
- Envigado de suelo ... 76
- Las cadenetas ... 77
- Estructura para el aislamiento ... 77
- Suelos mixtos ... 78
- Madera-madera ... 78
- Madera-hierro ... 78
- Madera-vigas de hormigón ... 79
- Madera-losas de hormigón ... 79
- Tipos de entarimado ... 80
- Entarimado simple u ordinario ... 80
- Procedimiento de instalación ... 80

Pág.

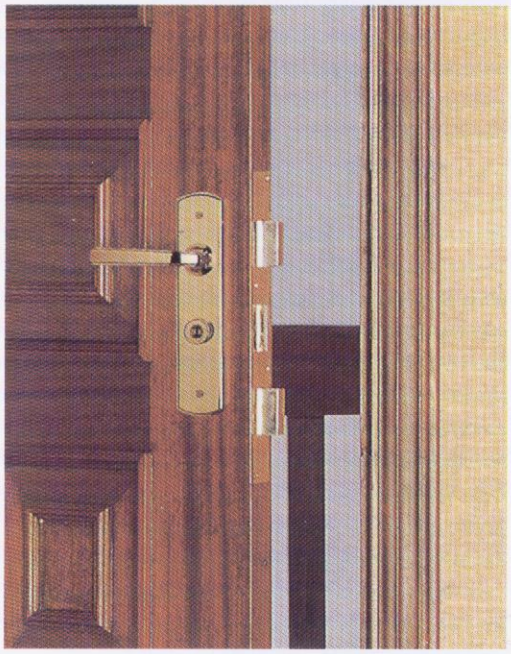
- Entarimado a la francesa 81
- Entarimado a la inglesa 81
- Entarimado de juntas al sesgo alternadas 82
- Entarimado de punta de Hungría 82
- Entarimado de taracea 82
- Tratamientos de los entarimados 83
- Aislamiento del entarimado 83
- Terminaciones de la superficie 84
- Parqués 85
- El parqué de mosaico 85
- Las tablas de parqué 86
- Los paneles de parqué 87
- El parqué decorativo 88
- Otros suelos 88
- El suelo entarugado 88
- El suelo entablonado 89
- El suelo integrado 90

7. ENMADERACIÓN DE CUBIERTA 91
- Los elementos de la estructura de cubierta 91
- La cercha 92
- El entramado 92
- El caballete 92
- Encuentros en una estructura de cubierta 93
- Uniones en la cumbrera 93
- Uniones de costaneras. Uniones de pares 94
- Uniones en el pendolón 95
- Unión de las correas con la cercha 96
- Unión de las correas con las costaneras 96
- Clases de cerchas y armazones 97
- Cercha sencilla 98
- Cercha con una correa 98
- Cercha con dos correas 98
- Cercha de Palladio 98
- Cercha a la americana 99
- Cercha Polonceau 99
- Cercha para cubiertas aserradas 99
- Tipos de cubierta 100
- Cubierta a una pendiente 100
- Cubierta a dos pendientes 100
- Cubierta con faldones o a cuatro aguas 100
- Cubierta de pabellón 101
- Cubierta de crucero 102
- Cubierta de mansarda o buhardilla 102

Pág.

- Pendiente en las cubiertas 102
- Entramado de cubierta 103
- Arriostramiento de la cubierta 104
- Cálculo general de una cubierta 105
- Cálculo de la presión ejercida por el viento ... 106
- Cálculo de la presión ejercida por la nieve 106
- Carga total sobre la cubierta 107
- Cálculo del entramado de una cubierta 107
- Cálculo de los listones 108
- Cálculo de los cabios 109
- Cálculo de las correas 109
- Cálculo de las cerchas 110
- Relación escuadría-luz 112

8. CIMBRAS 113
- Partes de una cimbra 114
- Clases de cimbra 114
- Cimbra fija 114
- Cimbra volante 114
- Cimbra giratoria 115
- Cimbra suspendida o aérea 115
- Aplicación de cimbras 115
- Cimbra para bóveda de pequeño arco 115
- Cimbra para ventana 115
- Cimbra para puerta con arco de medio punto 116
- Cimbra para arco 116
- Cimbra para arco resistente 117
- Descimbrado 117
- Descimbrado de arco 117
- Descimbrado de bóveda 117
- Descimbrado por medio de levas o movimientos excéntricos 118
- Descimbrado por medio de cuñas 118
- Descimbrado por medio de cajas llenas de arena o agua 118



1 Carpintería de taller y carpintería de armar

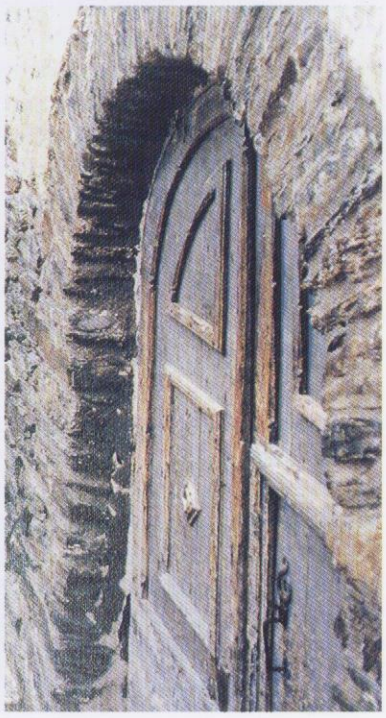
Cuando hablamos de carpintería, nos referimos a una relación que, desde la antigüedad, ha tenido el hombre con la madera. Es casi inimaginable la evolución del hombre en pos de una civilización sin la intervención de esta materia prima que tanto en interiores como en exteriores ha sido vital para convertir el "afuera" inhóspito en espacios hospitalarios y el "adentro" en un conjunto de objetos de madera que han ayudado a que los oficios sean la expresión productiva del hombre.

A lo largo de la historia, el ser humano, en aquellos lugares donde ha sido factible, ha explotado el árbol indiscriminadamente para convertir los bosques en madera de construcción de casas y habitáculos varios, encender hogueras y rodearse de "ingenios" de madera.

Las cabañas ancestrales eran espacios mágicos y circulares que tenían el fuego como centro, los ángulos acordes con los puntos cardinales y una ventana al cielo como techo. Paulatinamente, esta primitiva forma de construcción en redondo fue adquiriendo ángulos y, así, de las cabañas cónicas se pasó a la cabaña de tronco de base ortogonal y, por tanto, a un volumen interior de las mismas características, con lo que los objetos que evolucionaban como muebles también se volvieron cuadrangulares. El hecho de que el interior fuese espacio mensurable y el objeto mueble arrimable señaló un paso definitivo en la relación del hombre con la madera, ya que la carpintería sería conocida en dos modalidades principales según el espacio y la forma en que interviniera: la carpintería de taller o de "puertas adentro" y la carpintería de armar o de "puertas afuera", cuya diferencia radica en que la primera se hace dentro y la segunda fuera del taller, por la simple razón del tamaño de las piezas, la herramienta que se necesita para trabajarla y la comodidad para armarla y transportarla. Se determina de esta manera una correspondencia entre muebles, marcos de ventana y de puertas, terminaciones en general y la carpintería de taller, mientras que todo el ámbito de la construcción de espacios habitables, tanto de elementos a la vista como estructurales, se denomina carpintería de armar.

En definitiva, la carpintería se define, actualmente, como el arte o la ciencia de proyectar y construir en madera. El término carpintería viene del latín *carpentum* (carreta) y *carpentarium* (el que hace carretas) por lo que parece que puede deducirse que, en la antigüedad, los constructores de carretas fueron considerados como buenos conocedores de la tecnología de la madera. Dentro de los ingenios que ha inventado el hombre es sin duda la rueda de madera la que determinó un gran avance en el desarrollo de la humanidad, al permitir el desplazamiento de grandes pesos con menores esfuerzos y, lo que es de mayor importancia, porque se generaba una transformación de los movimientos mecánicos. La rueda, desde el siglo IV a.C., forma parte de todas las máquinas que el hombre ha elaborado. Por otro lado, las carretas, en su estructuración frente a los diferentes esfuerzos dinámicos a los que estaba sometida, debían exigir desde antaño un

Antiguamente se ajustaba la hoja de la puerta directamente al espesor del muro, sin que mediara arco



buen conocimiento de las maderas, sus cortes, sus ensambles y su elaboración posterior *(figura 1)*.

En la medida que la historia del hombre requería mayores conocimientos de las propiedades elásticas de la madera utilizada, los diseños de las carretas fueron haciéndose más ligeros y rápidos, las ruedas más livianas y el comportamiento de la madera desde un punto de vista dinámico más eficiente y resistente.

Uno de los oficios que históricamente reúne conocimientos sobre la madera es el de ebanistería, rama de la carpintería que comprende las construcciones con madera fina. Los ebanistas conocieron bien la geometría, los ensambles, los empalmes y el difícil arte de la preparación y colocación de colas.

Otro de los campos donde la carpintería de armar tuvo gran actividad fue en la construcción naval y civil, que trabajó preferentemente con tres maderas: ciprés, pino y roble. Los ebanistas trabajaron con las maderas finas y los constructores de carruajes utilizaron todas las maderas, colocando cada una de ellas en la parte del carruaje donde su comportamiento era óptimo.

La construcción de aviones también eligió la madera para ser el primer material utilizado en tales menesteres, lo que dio un gran impulso a su conocimiento técnico, no sólo para conocer sus propiedades físicas sino también su relación con el peso. Fue así como la madera se usó en construcciones aeronáuticas hasta la II Guerra Mundial.

En la medida que se han ido introduciendo nuevos materiales y productos derivados de la madera o añadidos a la misma, la carpintería ha evolucionado hasta convertirse actualmente en la principal modalidad de autoconstrucción en muebles de hogar o revestimientos tanto interiores como exteriores, ya que productos como tableros contrachapados, tableros de fibras, tableros de partículas y tableros de fibras de densidad media, entre otros, permiten una variada aplicación en carpintería de taller y en la de armar. El estudio y consiguiente conocimiento de las llamadas tensiones básicas de la madera, es decir, de sus propiedades mecánicas, de forma científica y garantizada, frente a los valores empíricos que se venían utilizando, le permite alcanzar el punto más elevado de su tecnología con la aparición de la madera laminada, con lo que se devuelve a la carpintería su presencia en las grandes construcciones, que había mermado en los inicios de este siglo. Por todos estos cambios y elementos incorporados en los últimos cincuenta años, la carpintería se conoce también como ingeniería de madera. Claro está que, actualmente, aún es importante la relación del hombre con la madera, sin que intermedie maquinaria alguna, como es el caso de la manufactura de barriles para vinos y licores, ya que este producto artesano todavía es el más valorado por su calidad y buen mantenimiento y mejoramiento del continente *(figura 2)*.

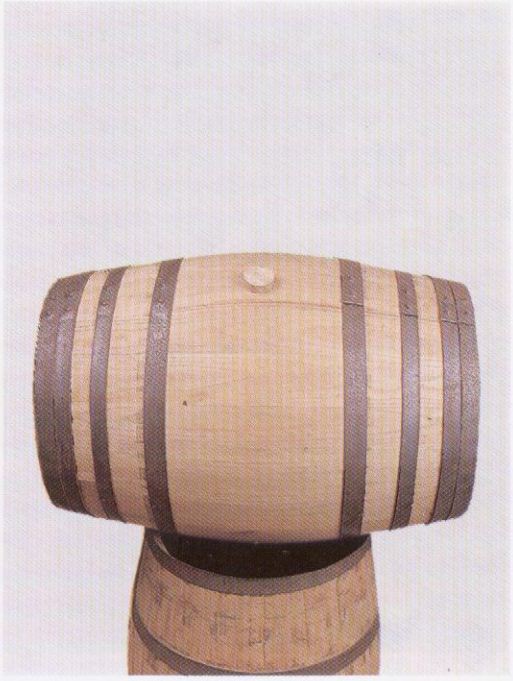


Figura 2

Figura 1

MARCOS DE PUERTAS, VENTANAS Y BALCONERAS

Son elementos relativamente modernos, ya que en la arquitectura primitiva tanto las puertas como las ventanas se sujetaban directamente en la obra, donde

cada bisagra se unía a la pared o vano a través de unos tacos de madera, clavados o empotrados en el espesor de la construcción. Hubo dos factores que motivaron el desarrollo de una cierta técnica de marcos: el primero la seguridad, pues puertas y ventanas necesitaron elementos perimetrales de madera en los cuales instalar pasadores, trancas, cerrojos y cerraduras, de tal manera que se garantizara una mayor protección contra los robos; la segunda motivación fue la necesidad de hacer impermeable el interior contra el agua, el viento, la luz y posteriormente también contra el ruido de la calle.

En principio, la misión de las puertas y ventanas es la de cerrar todos los huecos de acceso, ventilación e iluminación natural de la vivienda, mediante elementos practicables y fáciles de manejar, para aislarlos del exterior o dejarlos libres según sea la necesidad. En la mayoría de los casos, los marcos de puertas y ventanas no cumplen una función estructural, siendo su función principal la de servir de nexo entre el elemento móvil (puerta o ventana) y el estático (obra de fábrica).

En este capítulo analizaremos los marcos de las puertas, las ventanas y las balconeras, dejando claro que habrá una mayor diversidad de marcos de puerta en madera, ya que en comparación con los de las ventanas son de una mayor diversidad de usos al disponer puertas de exterior y de interior y, por lo tanto, enfrentadas a condiciones con el medio totalmente distintas; en el caso de las ventanas serán siempre exteriores y completadas por postigos o persianas según el caso y el clima. Las puertas son tan diversas en sus formas y características que más que una forma o materialidad determinada, lo que las define es su capacidad móvil de abrir o cerrar, juntar o separar espacios, o como en el caso de una puerta de un recinto para animales, su utilidad de introducir o sacar animales sin cumplir con ninguna otra función *(figura 3)*.

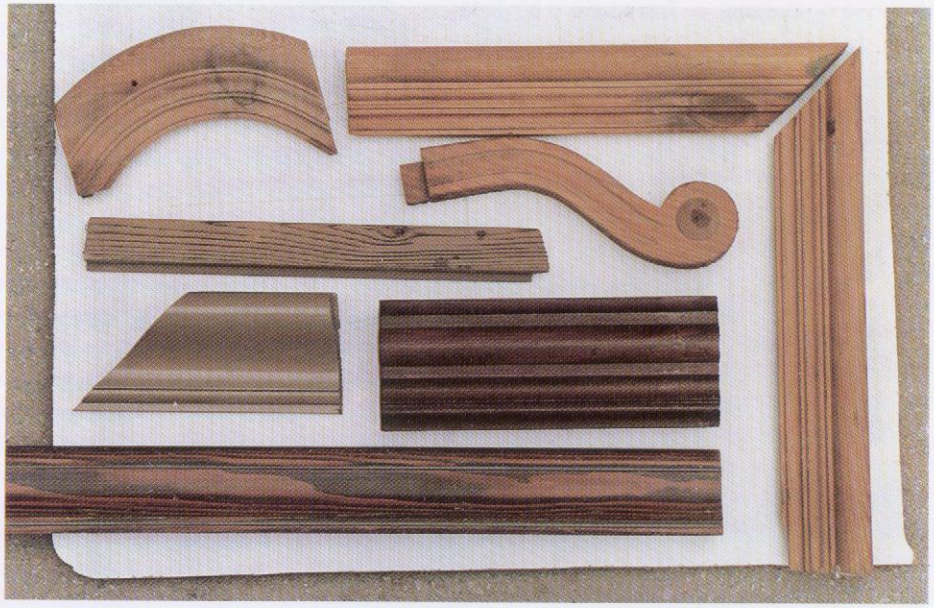
Así como la puerta o la ventana responderán a diferentes funciones, también el marco complementará dicha función permitiendo, especialmente en el momento de "cerrado", que las superficies abatibles formen una continuidad con el tabique o pared sobre la cual están enmarcadas.

Generalidades

Algunas generalidades de estos marcos son el hecho de estar constituidos por cercos de madera, donde se sujetan las hojas de las puertas y ventanas y la estructura de las balconeras.

Los marcos de ventana están formados por dos largueros unidos por dos traviesas. Los de las puertas carecen de traviesa inferior, ya que la puerta, una vez abierta, tiene que producir una total continuidad a nivel de piso.

En el canto interior llevan un rebajo para el cierre perfecto en los cantos exteriores, una canal o un listón para su mayor adherencia al material de obra. Lo importante de las piezas que forman el



Arriba, detalle del marco de una puerta tallado a mano

Figura 3

marco es que sean listones fuertes, perfectamente planos por sus caras, rectos y escuadrados *(figura 4)*.

Para la sujeción de marcos, puertas y ventanas en las paredes se deja un poco más de madera en las traviesas horizontales, que sobresalen hacia los lados; estos salientes se llaman cogotes.

En los cuadros de los bastidores también se deja un poco de cogote hasta que se termine de construir, con el fin de que cuando se mete a presión la espiga en su agujero sea más difícil que la madera estalle por excesiva presión. También es mejor dejar ese exceso de madera en la testa, a la que de esta forma se le puede hacer un bisel en el borde para que entre mejor; además, siempre estamos a tiempo de cortar y es preferible hacerlo cuando las piezas están ajustadas, porque así no hay errores y se sierra exactamente lo que sobresale.

En el marco de una puerta los cogotes van en la traviesa e inferiormente en los largueros; además de dichos cogotes, el albañil se sirve de unas piezas de hierro

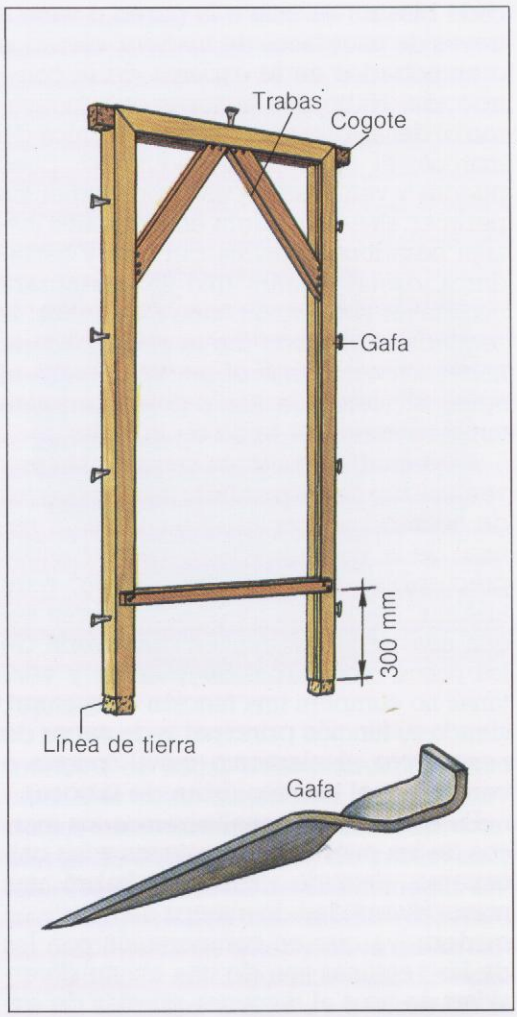


Figura 5

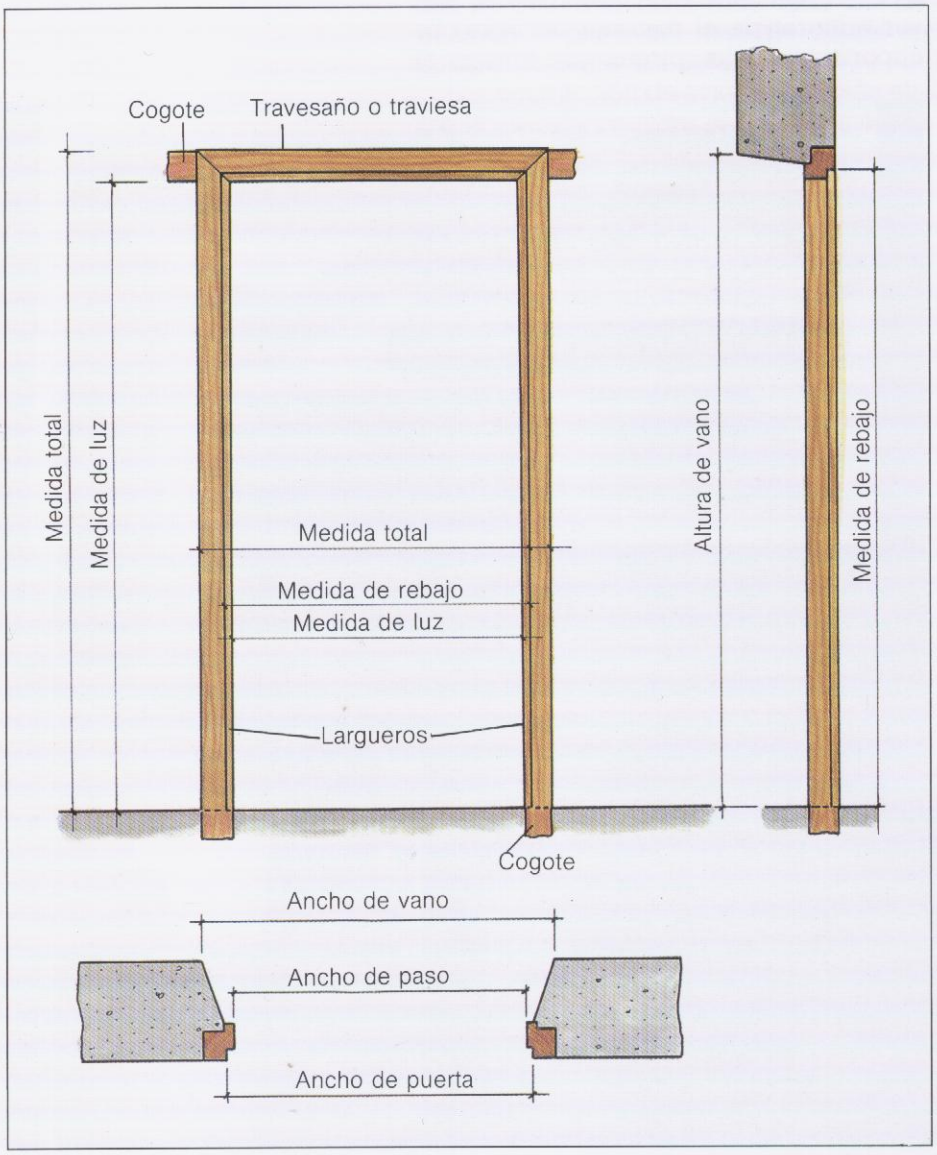
llamadas gafas, que clava en los cantos exteriores del marco para una mejor sujeción *(figura 5)*.

Para proceder a la sujeción de estos marcos se aploman los largueros y se fijan al canto de la pared con clavos o gafas, que sobresalen por los lados del marco y entran en huecos entre las piedras, los ladrillos o el mortero. El espacio vacío entre la pared y el marco se rellena con mortero o yeso. Los cogotes de las traviesas de puertas y ventanas cuelgan y sujetan el marco en la pared.

Las puertas carentes de la traviesa inferior empotran en el suelo unos centímetros del larguero (el cogote de los largueros), hasta lo que se llama la línea de tierra, la cual se marca con el serrucho por el canto interior para que no se borre en la obra. Los marcos de madera colocados en paredes de madera se fijan por ensamble y clavazón.

Las trabas son listones que van clavados de traviesa a largueros a modo de tornapuntas y que mantienen el marco a escuadra hasta su colocación definitiva, después de la cual se quitan. Es importante ponerlas, sobre todo, cuando hay que transportar el marco.

Figura 4



Para tapar la unión del marco con la obra se suele poner un listón moldurado que recibe el nombre de tapajuntas o guarnecido. A menudo se utilizan dinteles o viguetas de madera para sustentar los ladrillos y piezas sobre las oberturas de las puertas y ventanas. Como estas piezas son fijas, han de ser maderas duraderas para resistir tanto tiempo como la obra: se usan maderas duras y resistentes a los ataques de hongos e insectos xilófagos, tales como el roble y la encina. Las partes de estos dinteles que van embutidas en la pared deberán ser tratadas especialmente con sustancias protectoras que eviten que la humedad que contenga el muro pueda terminar pudriendo la pieza *(figura 6)*.

Clases de marcos

Según el tipo de pared y la preparación que lleve, los marcos tienen diferentes nombres que indican el material empleado y el tipo de unión que se produce entre el marco y la pared. Las molduras son de diferentes formas y escuadrías, determinando perfiles muy variados, y las ensambladuras se pueden hacer de varios modos, lo que define los distintos tipos de marcos utilizados para las paredes interiores *(figura 7)*:

MARCO DE TABIQUE

Es el que se coloca en los tabiques interiores de ladrillo, tabique de madera o en tabique de planchas. Las escuadrías suelen ser de 70 × 65 mm, 70 × 55 mm y 70 × 45 mm.

MARCO DE TABICÓN

Es el tipo de marco que se utiliza en paredes interiores de ladrillo hueco, de canto o ladrillo de 10 cm de espesor. Su encuadría es de 70 × 105 mm.

MARCO DE LADRILLO PLANO

Este marco se utiliza en aquellos vanos abiertos en paredes de ladrillo plano donde el espesor del muro puede alcanzar los 14 cm; este tipo de pared también se denomina de media asta, con una escuadría del marco de 70 × 160 mm, que es conocido también como marco 3/4.

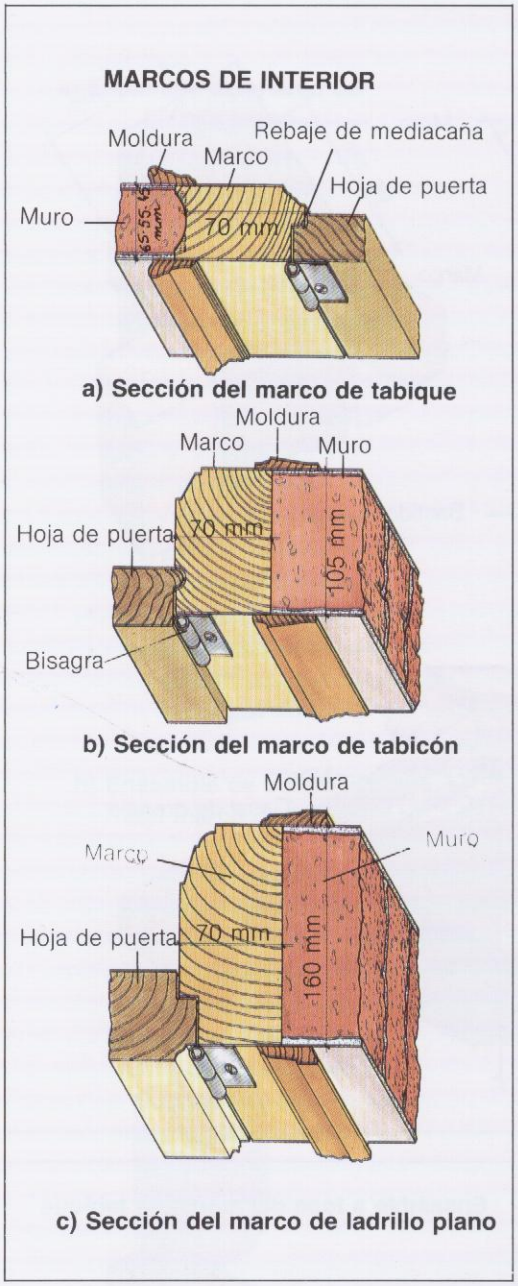
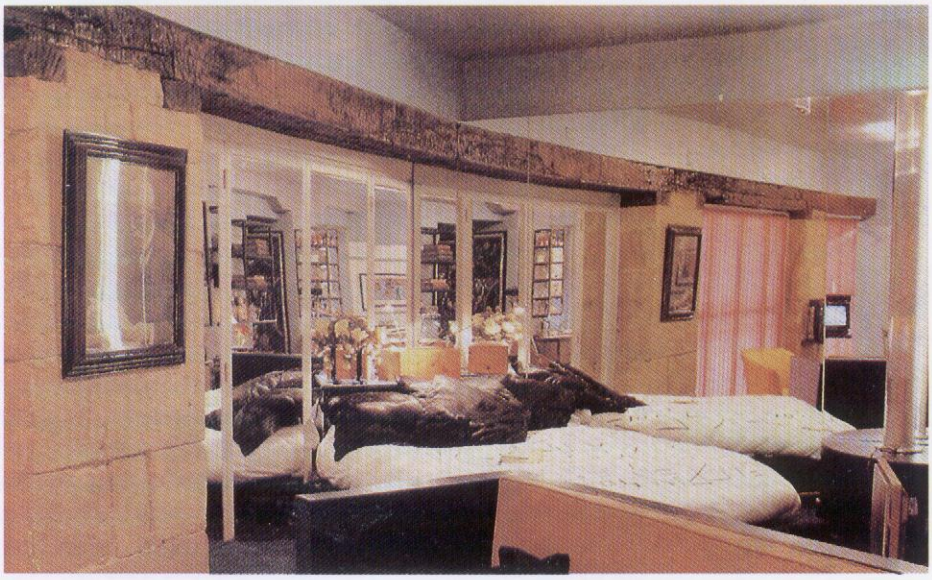


Figura 7

Figura 6



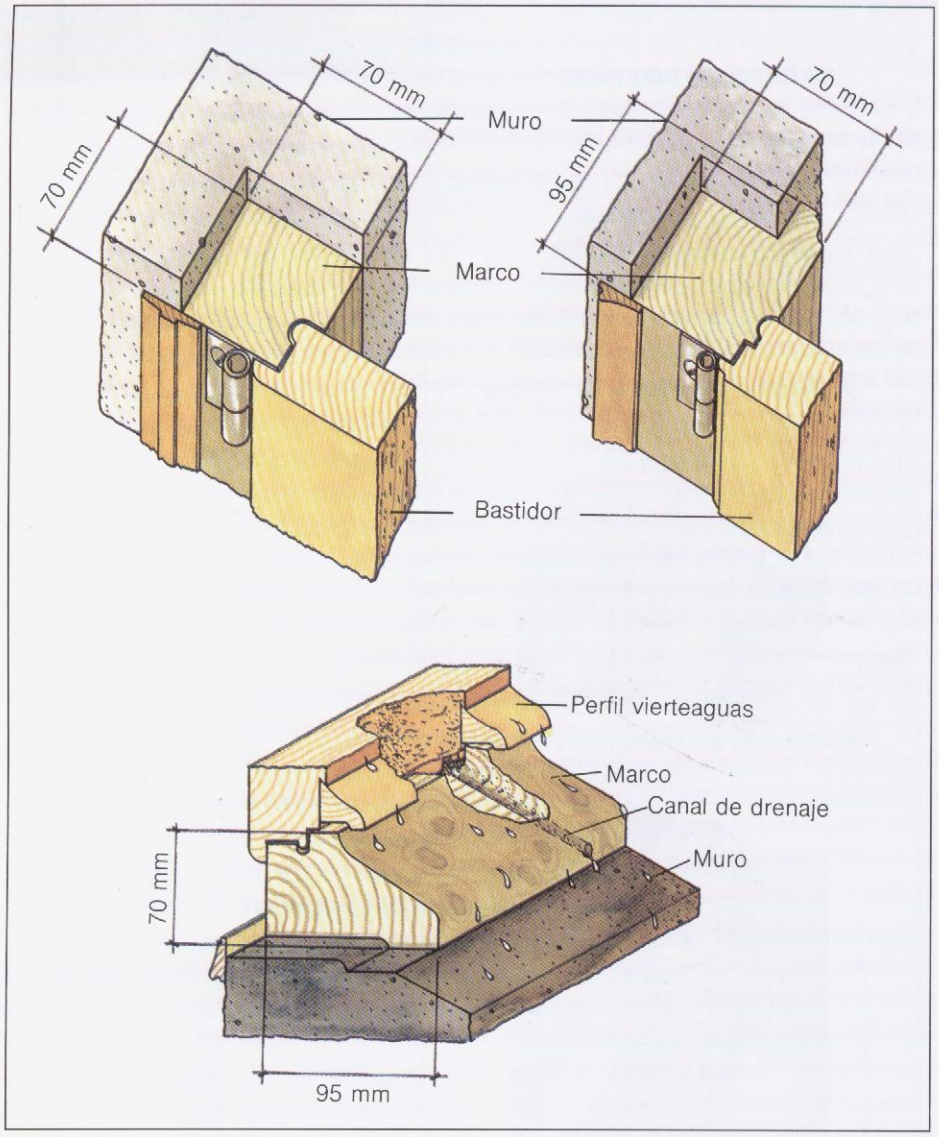


Figura 8

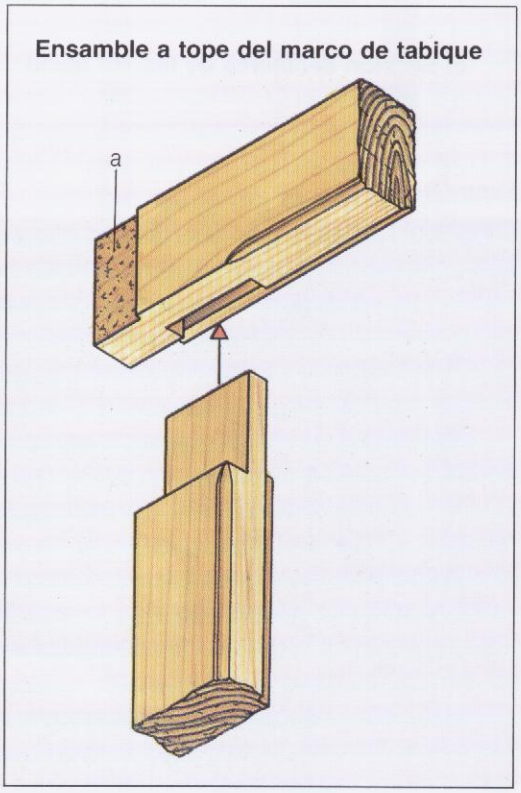


Figura 9

Los marcos utilizados en paredes exteriores son el marco de duella y el de pestaña *(figura 8)*.

MARCO DE DUELLA

Se utiliza en vanos de puertas y ventanas, donde el albañil forma un ángulo entrante, una duella, para que asiente con mayor rigidez y solidez. La escuadría del marco en estos casos es de 70 × 70 mm.

MARCO DE PESTAÑA

También conocido con el nombre de tapabocas, es el que lleva un saliente en los largueros y en la traviesa superior. La escuadría es de 70 × 95 mm.

Para el caso de marcos de ventanas y balconeras, la traviesa inferior del marco recibe el nombre de vierteaguas, ya que mediante un perfil exterior se consigue que el agua que desciende por la hoja en caso de lluvias pueda escurrir lejos de la zona de juntura entre el marco y el bastidor. El marco lleva en la traviesa inferior un canal que vierte el agua que se pueda introducir en el interior. La escuadría de vierteaguas será de 70 × 95 mm.

CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO

Hay una diferencia igual al espesor de los largueros entre las medidas denominadas de luz o total *(figura 4)*. En las medidas totales no se incluyen los cogotes, cuyo largo suele ser de cinco centímetros en los largueros y de siete a diez centímetros en las traviesas. Como la escuadría de un marco es el ancho y grueso que se obtiene al cortar transversalmente en uno de sus largueros, ésta se verá determinada por la forma en que se aloja el bastidor de puertas y ventanas. El rebajo para el alojamiento de una puerta o ventana en los marcos es de 11 mm de ancho por 25 o 35 mm de fondo. Cuando se trate de una ventana de dos hojas y de una mayor hermeticidad con respecto al exterior se hará en los largueros una canal de unos 15 mm de diámetro llamada cierre de borjas *(figura 8)*.

Si se quiere hacer un marco de tabique para una puerta de tamaño estándar (1,95 × 0,80 m, por ejemplo) se procederá de la siguiente manera: una vez que se obtienen las escuadrías anteriormente descritas, se pasa a preparar la madera, marcando las señales convencionales y fi-

jando el lugar de las espigas y escopleaduras. Toda la ensambladura se hará a caja y espiga *(figura 9)*, teniendo el cuidado de señalarla; luego se habrá de disminuir su ancho en 11 mm que el rebajo comerá a la espiga, y unos 11 mm aproximadamente que le comerá la canal. Al marcar la espiga por la cara del rebajo se le dará el aumento correspondiente para que no quede hueco alguno. Posteriormente se hace el rebajo para la puerta y a continuación la canal, dejando 10 mm de reborde y 10 mm de profundidad, o bien una mediacaña *(figura 7 a)*. Una vez comprobados los ensambles, se pulen los cantos interiores, se monta el marco definitivamente para acuñarlos y repasar las caras para su terminación. Hecho esto, se rebajan los cogotes unos milímetros por cada cara, para que cuando el marco esté empotrado no salgan estos topes al exterior. En todo caso, a los cogotes se les da una textura mayor por medio de golpes de formón de manera que se facilite la adherencia al material de obra *(figura 9*, detalle *a)*.

Una vez colocados los marcos encuadrados entre muros, no necesitan ser encolados. Por ello, los ensambles se hacen a caja y espiga, reforzados con cuñas. Los marcos de escuadrías mayores, que se componen de piezas pesadas, es muy conveniente que al montarlos lleven las caras interiores ya pulidas, para no tener que desmontarlos luego, con lo que se ahorra tiempo y trabajo.

En los ensambles de otro tipo de marcos podemos distinguir los siguientes *(figura 10)*:

Ensamble de marco de ladrillo plano

En estos marcos se puede dejar sin labrar la cara que ha de ir adherida al material de obra. Este tipo de marco se caracteriza porque los largueros llevan dos espigas que están separadas entre sí unos 50 mm. Las escopleaduras y las espigas, para ser resistentes, tendrán que hacerse en madera dura o semidura *(figura 10 a)*.

Ensamble de marco de tabicón

Este marco tiene dentro de su escuadría las mismas características que el de ladrillo plano. El ensamble es por contramoldura del larguero con la traviesa superior. Al igual que en el caso anterior será necesario usar maderas duras o semiduras *(figura 10 b)*.

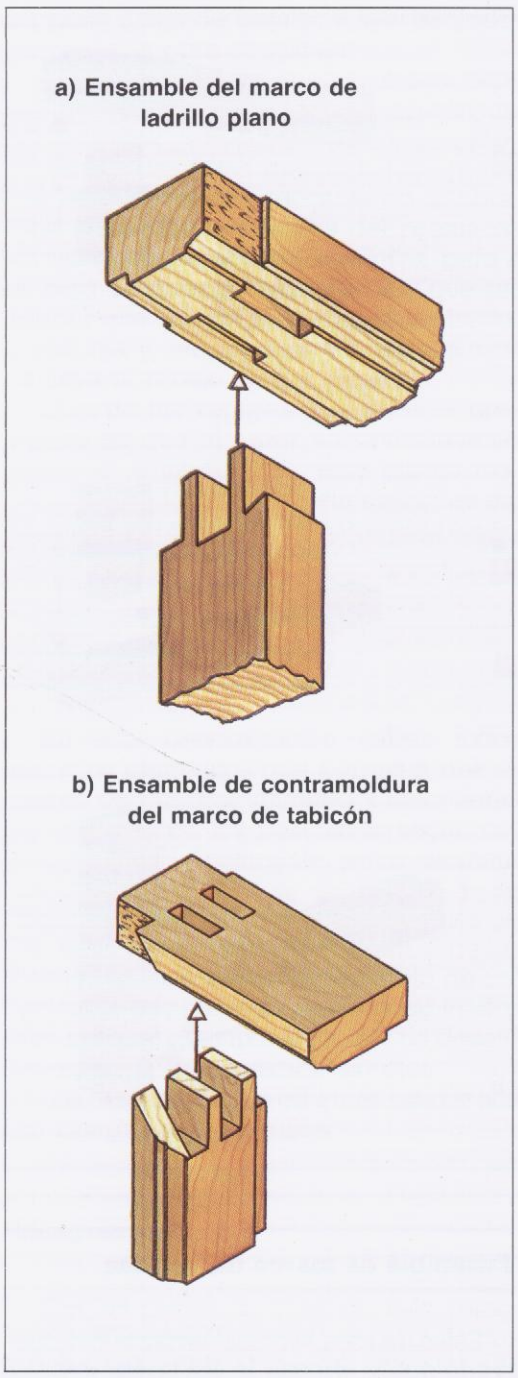


Figura 10

Ensamble de marco de duella

Este tipo de marco se usa para puertas, ventanas y balconeras, que dan al exterior y que tienen que soportar las inclemencias del viento y la lluvia. En los marcos de ventanas y balconeras, la traviesa inferior donde va el vierteaguas puede ensamblarse de dos maneras: una de ellas sería ensamblando el marco y dejando los cogotes como una continuidad de la traviesa inferior *(figura 11 a)*, y la otra posibilidad es que los cogotes sean la prolongación de los largueros *(figura 11 b)*; en todo caso la traviesa superior siempre lleva la escopleadura.

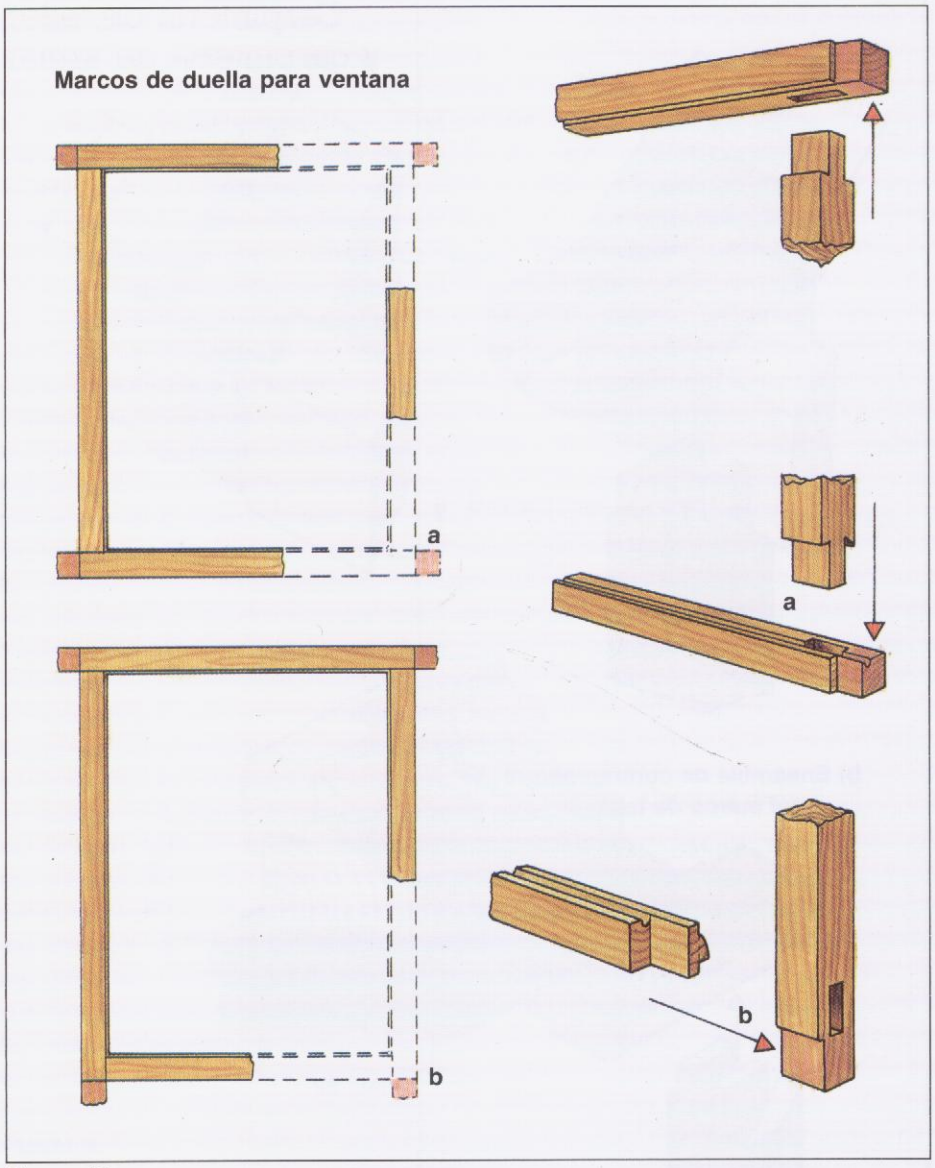


Figura 11

Ensamble de marco de pestaña

Estos marcos son una variante del marco de duella, ya que en los largueros y en la traviesa superior llevan un rebajo de 18 × 50 mm por la parte del ángulo que da a la obra.

Este marco, que tiene una escuadría de 70 × 95 mm, permite hacer una moldura en la cara opuesta al rebajo. El ensamble del larguero con la traviesa superior es por medio de una espiga y suele hacerse con maderas no tan duras, ya que la estructura es sencilla y los cortes no tienden a debilitar la traviesa ni el larguero.

Marcos decorativos

Los marcos de madera no sólo cumplen una función práctica en el mecanismo de cierre y sujeción de los batientes de puertas y ventanas, además pueden ser elementos decorativos que realcen el motivo que, por ejemplo, propone en su superficie o forma una puerta *(figura 12)*. Actualmente, los marcos de puertas están muy incorporados en el diseño de interiores, a través de complejas molduras y de ornamentaciones que en algunos casos pueden ser hechas a mano, especialmente si se trata de puertas de acceso a espacios interiores tales como comedores, salas de juegos y bibliotecas. El hecho de que un marco se pueda apreciar y valorar por la calidad de sus molduras y materiales no cambia en absoluto las escuadrías, es decir, que un marco rico en ornamentaciones no tiene por qué diferir de uno sencillo por lo que se refiere a su aspecto técnico y a su forma de construcción y montaje. De manera que en todas las escuadrías dadas se pueden variar las molduras.

Si bien se han descrito los principales tipos de marcos que se utilizan tradicionalmente, no podemos dejar de nombrar los casos especiales de puertas y ventanas como pueden ser las ventanas de guillotina, las puertas correderas y otros mecanismos que se han ido incorporando a las nuevas utilidades y formas arquitectónicas en boga.

Por ejemplo, a partir de la transformación de las buhardillas en espacios habitables se ha desarrollado una ventana que es proyectante, pivotante y basculante, donde el marco es tan importante dentro del mecanismo como la propia ventana, además de convertirse el marco en revestimiento de espesor de muro, sin

Figura 12

Figura 13

que haya tapajuntas o molduras, como puede apreciarse en la *figura 13*.

Es así como los marcos han evolucionado y han tendido a formar un todo con la ventana o la puerta. Aunque el gusto por las molduras y marcos ornamentales aún se mantiene, estos marcos tienden a ser cada vez más superficiales en su escuadría y menos volumétricos, ya que el costo es cada vez mayor.

Los premarcos

El hecho de abaratar costes y al mismo tiempo procurar que la apariencia decorativa se siga manteniendo ha generado que, actualmente, en el mercado se cuente con los denominados marcos de taco, o premarcos.

Este tipo de marco cuenta con un alma de madera de bajo costo, que generalmente es de pino, y que constituye el taco que será posteriormente recubierto por piezas tipo láminas de maderas finas y de un alto valor decorativo. El taco también podrá ir revestido por chapa o aglomerado chapeado, con lo que se obtiene un resultado que en apariencia es muy vistoso y elegante, pero que en términos económicos representa un 50 % o 60 % menos.

El cuerpo del premarco se coloca durante la obra, en cambio el recubrimiento se pone antes de instalar y fijar las puertas y con la obra concluida.

Las escuadrías del premarco son: para tabique, de 55 × 45 mm; para tabicón, de 80 × 45 mm; para ladrillo plano, de 130 × 45 mm; todas estas medidas son aproximadas y deberán verificarse en la obra. Una de las características del premarco es que se utiliza sólo en interiores, pero a la hora de colocar las piezas hay que recordar que las dos piezas laterales llevan molduras, y que la pieza que va en el canto lleva el rebajo para la puerta.

Otra de las ventajas que tiene el premarco es que al tener un revestimiento sobre el alma de pino, este mismo material sirve de tapajunta eliminándose así la unión que se produce entre el premarco de pino y el muro.

DISPOSITIVOS DE GIRO

En esta denominación caben todos aquellos elementos que permiten que el marco de puertas, ventanas y balconeras se articule con los bastidores según corresponda. Normalmente, estos elementos articuladores son metálicos, y su tamaño dependerá del tamaño y peso de las estructuras en que se colocan. Para los bastidores que tienen movimiento de rotación se requieren herrajes combinados que faciliten este movimiento y no desentonen en su presentación exterior.

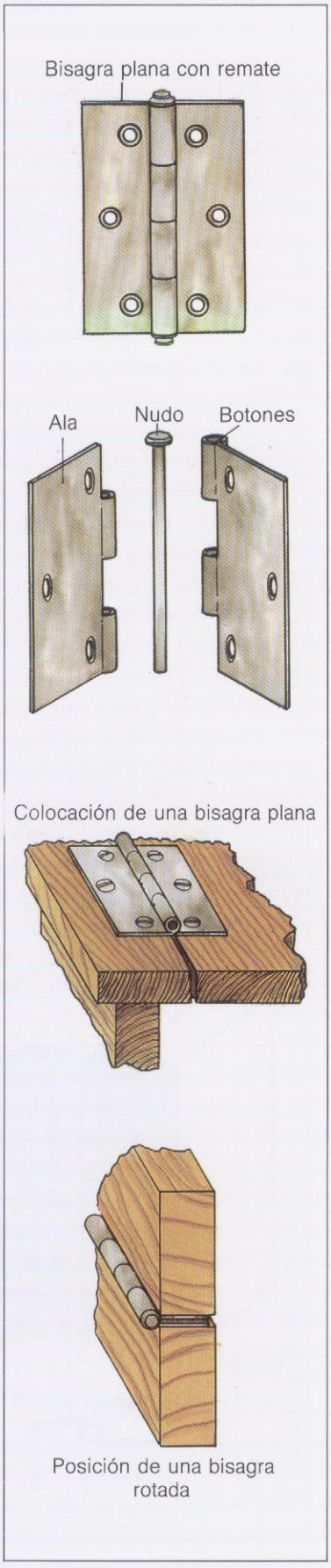
Los dispositivos de giro más usados son las bisagras y los pernios.

Bisagras

Son las piezas de rotación más comunes y utilizadas *(figura 14)*; constan de dos piezas, una unida al soporte y la otra a la parte móvil, y ambas entre sí por un eje fijo o móvil desarmable. Las alas se fijan a las piezas soporte y a las batientes con tirafondos por la cara exterior o por el canto; a menudo se embuten en la madera. Las alas pueden ser sencillas o dobles y el eje, fijo o movible. Se hacen laminadas de hierro, de latón, latonadas, fundidas o forjadas. Generalmente se piden por milímetros de longitud y por la anchura de las alas abiertas.

Al marcar la colocación de las bisagras en un bastidor de puerta o ventana, se ajusta siempre bien el bastidor contra el marco fijo por la parte de arriba, y se utilizan cuñas para que, de esta manera, se mantenga un poco elevado, ya que el peso del bastidor siempre tiene tendencia a vencerlo.

Figura 14



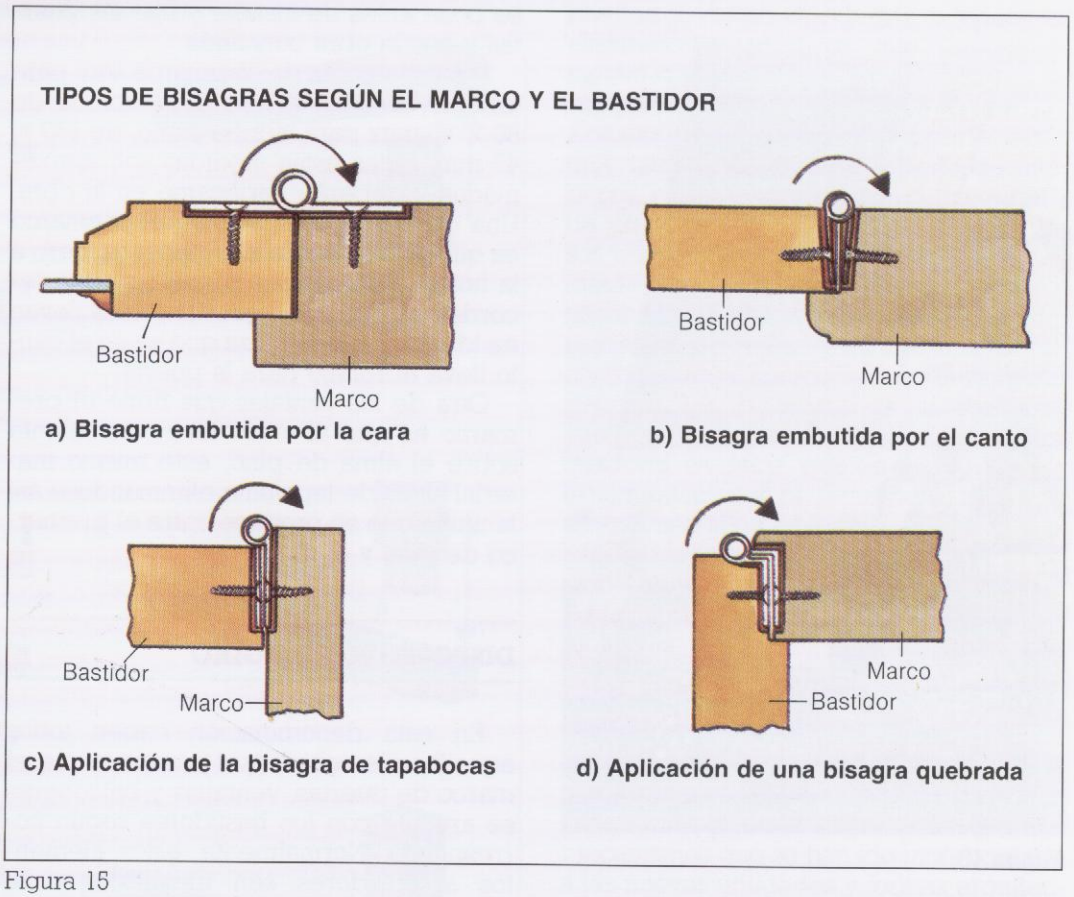


Figura 15

TIPOS DE BISAGRA

Existe una gran variedad de bisagras, pero, dentro de las más utilizadas, se pueden distinguir aquellas que se denominan según su colocación respecto al bastidor y al marco *(figura 15)*:

Bisagra plana

Las chapas van enrolladas y prensadas alrededor de la espiga. Su rotación vale tanto para la izquierda como para la derecha. Este tipo de bisagra no se utiliza para instalaciones finas y delicadas. Si se quiere tener una mayor presentación se pueden usar espigas de cabeza redonda o, como se ve en la *figura 14*, con remate. Para colocar este tipo de bisagra sin embutir se juntan dos piezas señalando el sitio donde se instalará, posteriormente se sitúa la bisagra de modo que el centro del nudo coincida con el centro de las piezas, y se atornillan los tirafondos. Si se quiere un acabado más fino y que el espesor de las alas de la bisagra no moleste en absoluto el funcionamiento del abatimiento se embutirá la bisagra, procediendo de la manera que se indica: se juntan las piezas y se señala el sitio donde irán, luego se quita la madera con un formón, en una superficie equivalente a la dimensión del ala de la bisagra. Si fueran embutidas por el canto se pueden profundizar algo más por la parte correspondiente al nudo o colocar la bisagra con las alas paralelas; de esta manera, cuando la bisagra está doblada, sólo se verán el nudo y los botones, mejorándose la presentación *(figuras 15 a* y *15 b)*.

Bisagra de codo o pestaña

La característica de este tipo de bisagra es que tiene el nudo descentrado y su aplicación tiene como objetivo articular bastidores que no quedan en el mismo plano.

En la *figura 15 c* se puede ver cómo la caja para embutir la bisagra se ha hecho solamente en el bastidor-puerta. La ventaja que tiene este sistema es que en trabajos corrientes permite una economía de tiempo y colocación más fácil. Tratándose de bastidores más salientes con respecto al marco con el cual forman ángulo, se emplean bisagras de codo, quebradas, determinando el desfase la mayor o menor dimensión de las alas de la bisagra. En la *figura 15 d* se puede ver cómo una bisagra quebrada articula un marco en un ángulo de 90° con su respectivo batiente.

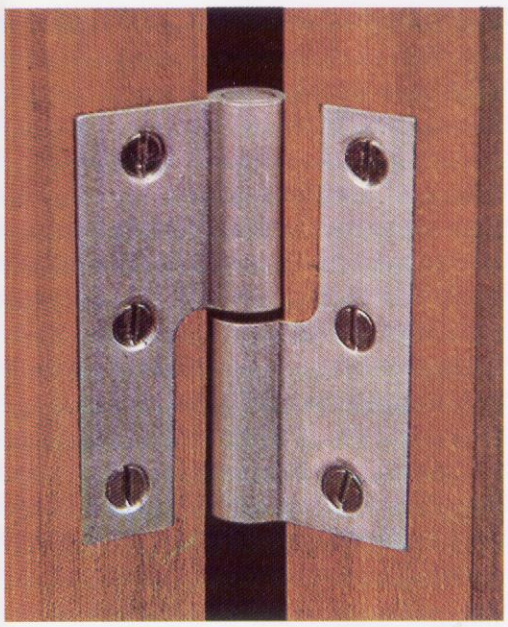


Figura 16

Pernios

Este mecanismo de giro es muy parecido a las bisagras y con la misma finalidad, teniendo como característica la de que el nudo va incluido en una de las alas *(figura 16)*; también los podemos encontrar en una gran variedad dependiendo del tipo de unión y articulación entre marco y batiente o bastidor.

Existen los pernios con codo, que son aplicables a las caras sin embutir, y tienen un ala más ancha que la otra; se utilizan en los bastidores con pestañas *(figura 17)*. Hace falta especificar si son para derecha o izquierda y para saber si un bastidor necesita pernios de una u otra mano basta mirarlo del lado (interior o exterior) desde donde estos herrajes serán visibles. El pernio plano tiene las alas iguales, es desmontable y se coloca sin embutir. El pernio acodado se caracteriza por tener el eje de movimiento de rotación en la arista exterior del bastidor, por lo que al abrirse se ve su extremo, motivo por el cual suele ser más decorativo.

El pernio quebrado, llamado también pernio de escuadra, lleva un ala mayor que la otra, y su altura depende de la profundidad del rebajo en el marco.

El pernio colocado por el canto suele ser de construcción más sólida que el que se coloca por la cara. Las alas pueden ser iguales y rectangulares o ser cada una de ellas más angosta en su mitad inferior que en la superior, como se ve en la *figura 16*. Este tipo de pernio es desmontable y se usa mucho en puertas de interior y exterior, siendo de perfil torneado cuando queda a la vista, como es el caso de la

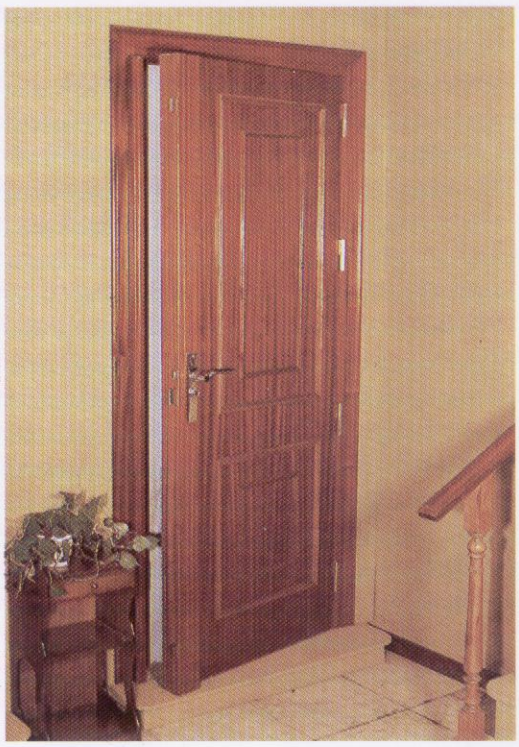


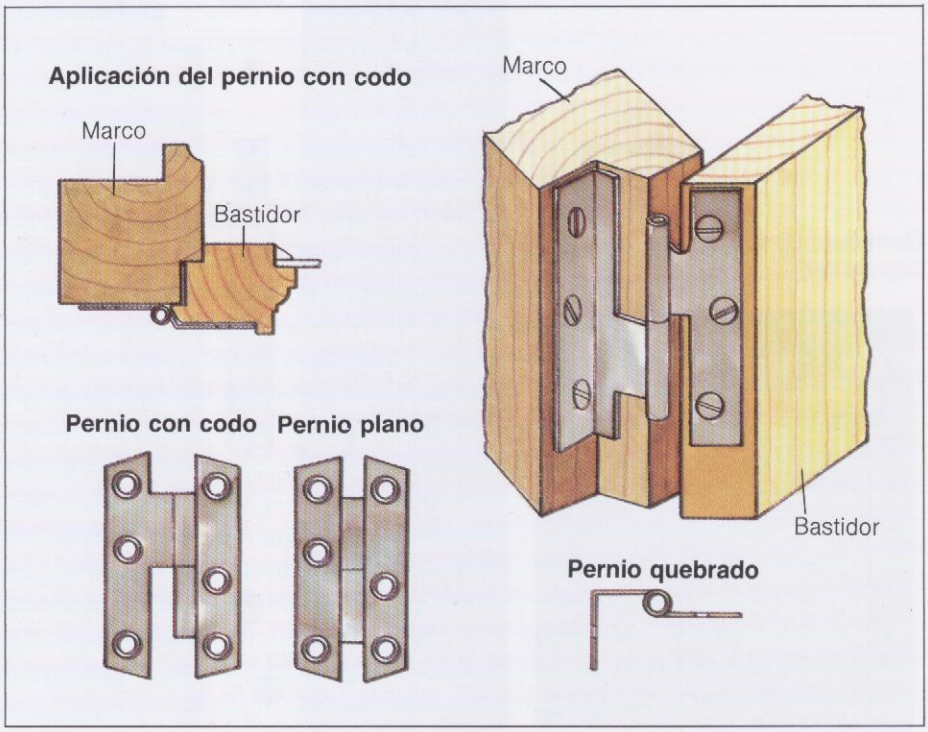
Figura 18

figura 18, donde en una puerta de acceso los pernios se hallan en el interior para así quedar protegidos de la intemperie.

En este caso, no nos referimos a otros dispositivos de giro que también permiten que puertas o bastidores giren y roten, como puede ser el caso del pivote o los goznes, ya que estos ingenios no consideran el marco como uno de sus elementos de sujeción.

Por ejemplo, el pivote se utiliza mucho para puertas de armario, y en ese caso cualquier superficie cortada angularmen-

Figura 17



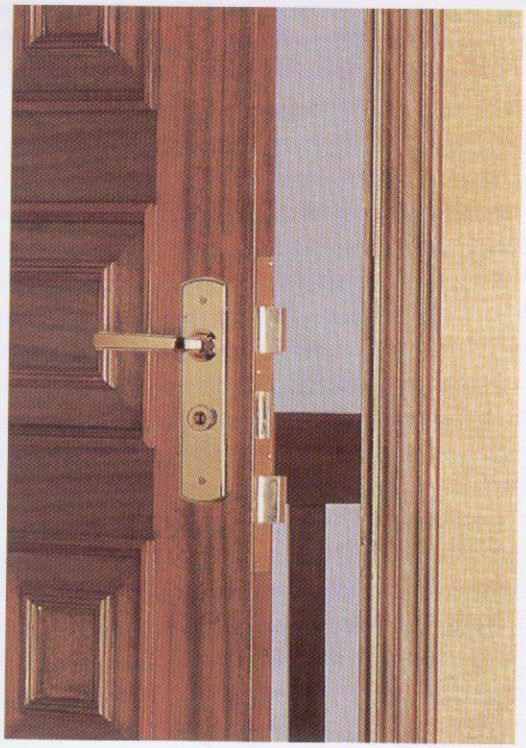
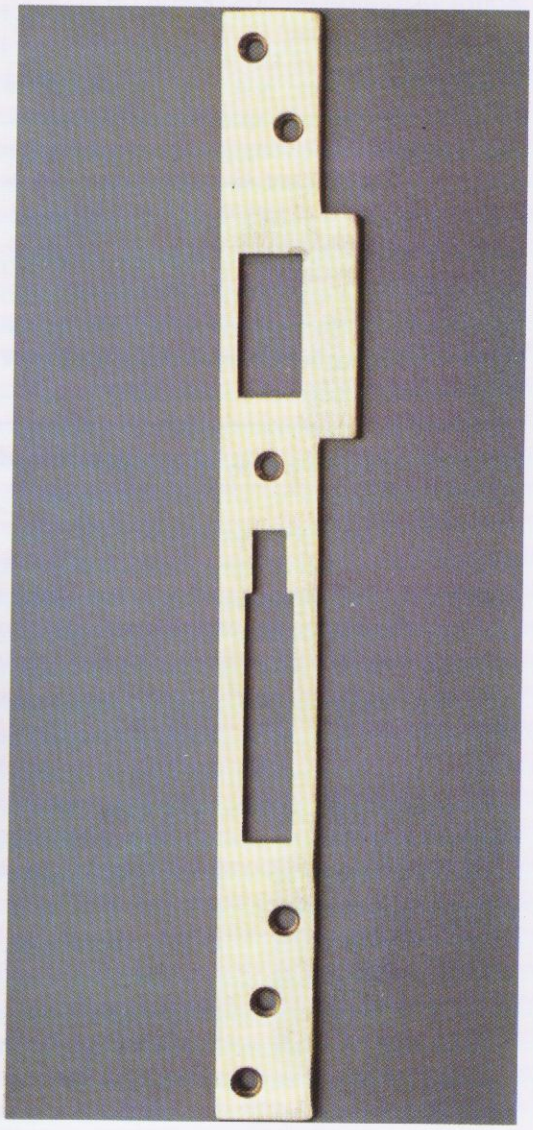
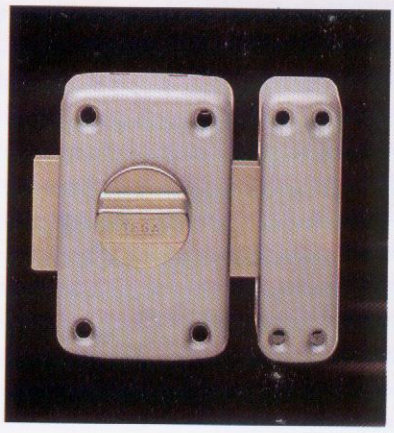


Figura 19

Figura 20



Cerradura de carpintería con manubrio



te, ya sea de madera maciza o material aglomerado, servirá para fijar el pivote. En el caso de los goznes, desde muy antiguo estos elementos cumplen la función de permitir la rotación de grandes superficies abatibles, como los portones, mediante el empotramiento en la pared de espigas metálicas que recibirán el botón ya sujeto en el bastidor; por lo tanto, en este caso, también se prescinde de marcos de sustentación.

OTROS HERRAJES DE LOS MARCOS

Existe todo un conjunto de elementos de seguridad, como cerraduras, pasadores y cerrojos, fallebas, cierres de vaivén, deslizadores para puertas correderas y muelles hidráulicos, que necesitan para su funcionamiento y fijación, al menos de una de sus partes, el soporte que facilita el marco de madera para puertas, ventanas y balconeras.

La mayoría de estos mecanismos están pensados para ser fijados contra madera, ya que los tornillos y tirafondos completan su instalación.

A continuación se describen los sistemas de seguridad y cierre en los que más interviene el marco de madera, tanto en puertas como en ventanas y balconeras.

Cerraduras

Es uno de los herrajes más utilizado en la fijación de puertas y ventanas. La pieza elemental de este mecanismo es el pestillo, que con un movimiento rectilíneo se desliza introduciéndose en una armella, la cual a su vez va asegurada a un montante fijo. Las cerraduras en carpintería se pueden embutir por la cara y por el canto y hay otras que, sin embutir, solamente van fijadas por tornillos. Las formas son variadas y el grado de ornamentación de éstas depende del tipo y calidad de la puerta y el marco en los cuales están instaladas. Los materiales también son muy diversos y están en relación directa con el grado de seguridad que se quiera conseguir, ya que una cerradura de hierro es por lo general mucho más segura que una latonada o niquelada.

La cerradura embutida es la más segura *(figura 19)*, ya que tanto la parte de la cerradura que va en el bastidor como la que va en el marco o montante quedan ocultas si la puerta o batiente está cerrado, quedando sólo a la vista el escudo-placa para la cerradura. La parte de la cerradura que queda en el marco es de

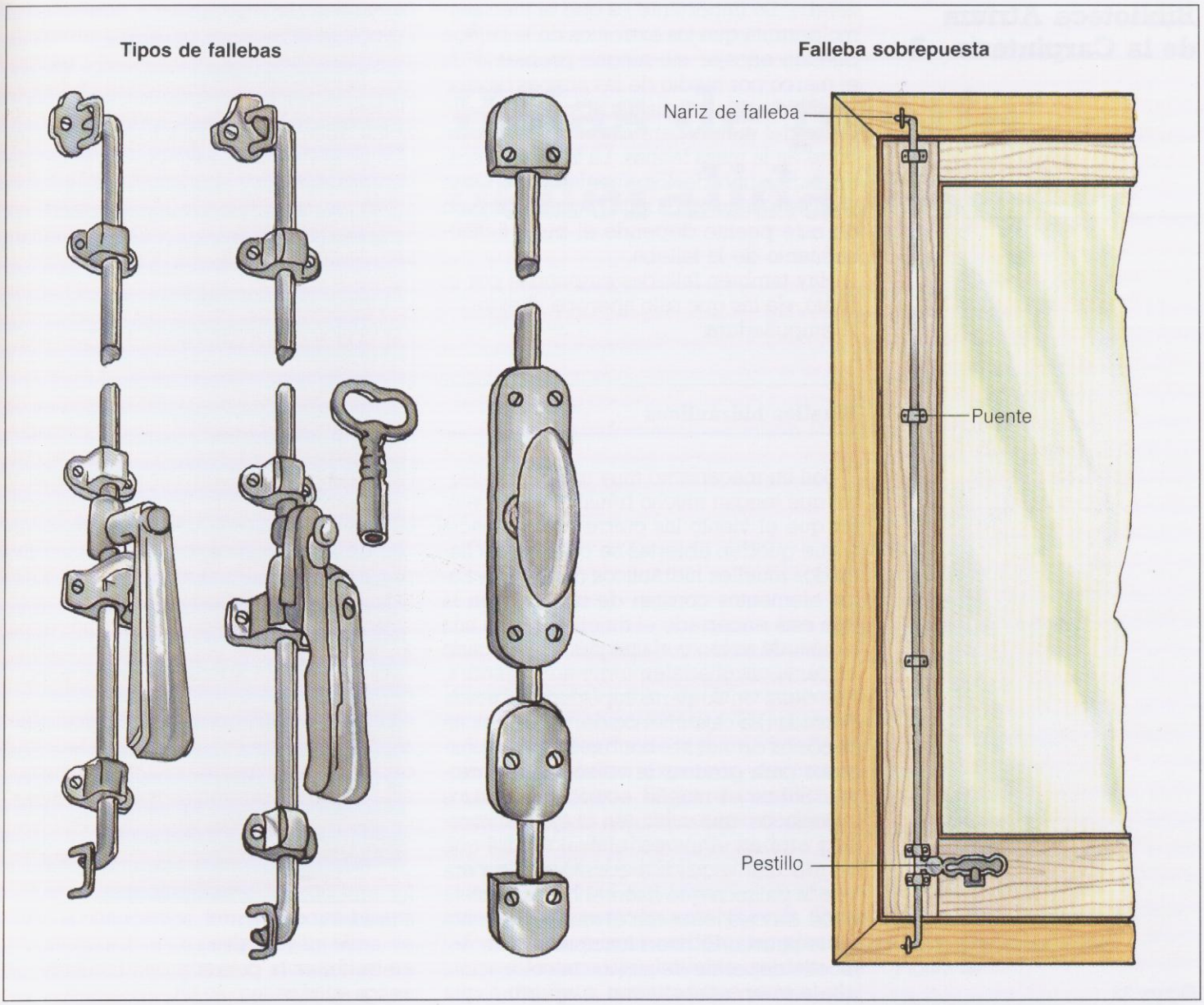


Figura 21

construcción sólida y dispone de numerosos puntos de fijación que la aferran tenazmente al marco *(figura 20)*. Por supuesto, esta modalidad requiere que el espesor del larguero sea suficiente para alojar la armella y no debilitar la estructura del montante dentro del cual va incrustada.

Existen también unas cerraduras, llamadas de carpintería, empleadas para puertas de pisos, despachos y locales, donde no se requiera cerrar cada vez con llave. En este caso, el pestillo va accionado con dos vueltas por llaves de seguridad y para cierres definitivos se hace correr también el pestillo. La caja del pestillo va colocada por la cara del batiente y la armella también se instala superficialmente en el larguero, lo cual requiere necesariamente que el marco tenga una superficie suficiente como para poder alojarlo.

Fallebas

Las ventanas y balconeras suelen cerrarse por medio de fallebas de muchos tipos *(figura 21)*. Consisten en una varilla metálica rematada en sus extremos por ganchos que encajan en el marco mediante herrajes preparados. La varilla va sujeta con dos chapas atornilladas llamadas puentes. Una manilla solidaria con la varilla la gira para abrir o cerrar los ganchos y va entre dos puentes. Para su colocación, las fallebas pueden ir sobrepuestas o embutidas. Para embutirlas basta hacer una mediacaña en el larguero y sujetarlas mediante unas chapitas atornilladas (puentes), en número variable según la altura de la hoja de ventana o balcón. La falleba va provista de una manecilla o pestillo que la hace girar y se introduce en una pieza llamada nariz de

falleba. Lo importante es que el mecanismo permita que los extremos de la falleba puedan encajar sin ningún problema en el marco por medio de las chapas de hierro fijadas a una distancia prudente del canto del marco para evitar esfuerzos de corte en la masa leñosa. La falleba se sostiene por uno de los puentes, en el que se apoya la manija. De la recta colocación de este puente depende el buen funcionamiento de la falleba.

Hay también fallebas embutidas por el canto, de las que sólo aparece al exterior la empuñadura.

Muelles hidráulicos

Son un mecanismo muy usado en puertas que tengan mucho tránsito, y para evitar que el viento las cierre con violencia o que queden abiertas se colocan los llamados muelles hidráulicos *(figura 22)*. Estos elementos constan de una caja en la que está encerrado el muelle, que es una lámina de acero con una pestaña en cada extremo, arrollada en torno a un cilindro, que tiene en su parte superior una rueda dentada. La caja inferior del muelle es un depósito de aceite, con un tornillo al exterior para graduar la velocidad del cierre. Sobre el muelle actúan dos brazos articulados: uno sujeto en el eje del muelle y otro en el marco, el cual tendrá que ser de una escuadría considerable para que la palanca que hace el batiente no lo dañe. La caja junto con el muelle se sujeta en la puerta. El buen funcionamiento del muelle depende de su exacta colocación, que está en relación con la apertura que deba tener la puerta y con la fuerza que tenga el muelle.

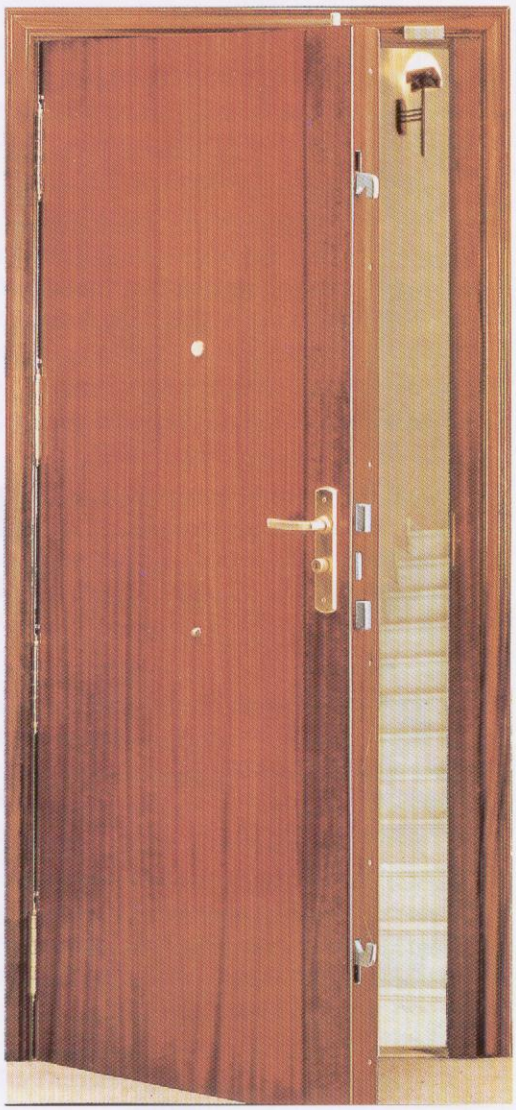
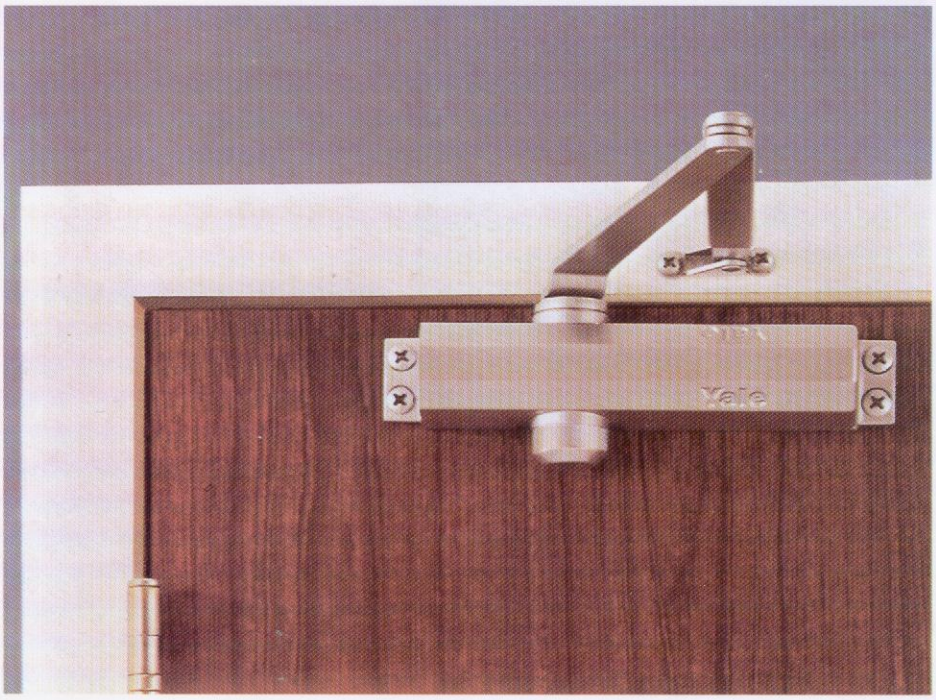


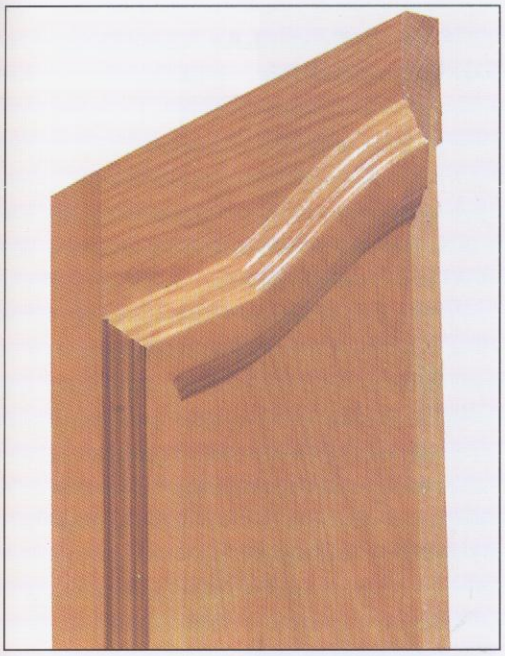
Figura 23

Figura 22



Cerraduras compuestas

Actualmente la seguridad, especialmente de puertas, ha aumentado por el uso de mecanismos que combinan en un batiente el efecto de una cerradura embutida con el de una falleba, tanto de encaje vertical como horizontal *(figura 23)*. Todo este mecanismo requiere, especialmente de los marcos, un refuerzo de acero en el larguero o montante que contiene el sistema de armellas. El refuerzo metálico también se incluirá en la parte del batiente que contenga el sistema de cierre, evitándose así que se pueda abrir éste mediante ataques con ganzúas y llaves falsas. El marco que se ve en la *figura 23* tiene como refuerzo en su traviesa superior un encaje metálico, al cual llegará una espiga también metálica que se acciona desde la cerradura.



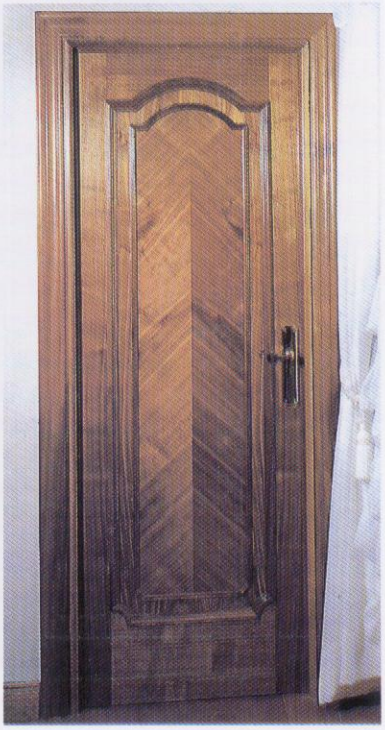
2 Hojas de puerta: generalidades

Las puertas se construyen, desde la antigüedad, con todo tipo de maderas, desde pino hasta roble y nogal, siendo en un principio de madera maciza o piezas de la misma unidas entre sí. Durante la Edad Media, muchas veces la victoria o la derrota en un asedio dependían de la resistencia que podía presentar la puerta de madera principal de acceso al recinto sitiado.

Actualmente, la puerta de madera tal como la conocemos, formada por tableros encolados sobre un bastidor y un alma, es de hace treinta años a lo sumo. Hoy en día, lo más corriente es que se haga sobre un marco, el bastidor, para rellenarlo con placas de madera contrachapada o paneles de otro tipo; también puede estar formada por un tablero contrachapado o chapa sobre alma de pino. Las puertas pueden ser de una o de varias hojas, con tableros o vidrieras, lisas u ornamentales, de madera, hierro, acero, vidrios y mixtas (madera y latón, madera y hierro, madera y materiales plásticos, entre otros). Las puertas podrán ser de muchos tamaños y formas, lo que generalmente viene determinado por el estilo de la arquitectura tanto interior como exterior. Es justamente en interiores donde la puerta puede alcanzar su máxima expresión decorativa, ya que se puede llegar a complicadas combinaciones de diferentes maderas o la utilización de chapas de madera para generar más superficies simétricas en cuanto a la veta expuesta, en donde se puede jugar, como se aprecia en la *figura 24*, con una misma madera, empleando para el marco del batiente madera de ukola del fuste, mientras que para el plafón se utiliza madera de raíz de ukola. Otro de los elementos que puede alcanzar un elevado nivel decorativo son las molduras o relieves, que, como elementos decorativos, pueden ir en la superficie de la hoja.

Actualmente, el tamaño y las dimensiones de las puertas están normalizados, y en la construcción de edificios o casas en serie ya se siguen ciertas medidas para cada recinto en el que vayan a colocarse, como se describe en el *cuadro I*.

Figura 24



Cuadro I

DIMENSIONES MÁS USUALES DE PUERTAS SEGÚN SU EMPLAZAMIENTO

Denominación	N.° de hojas	Altura en cm	Anchura en cm	Grosor en cm
De cochera	1-4	260 a 300	350 a 380	5,5 a 7
De piso	1	200 a 220	80 a 90	5,5 a 7
De habitación	1	190 a 220	70 a 90	3,5 a 4,5
De habitación	2	225 a 290	130 a 160	3,5 a 4,5
De sanitarios	1	190 a 220	60 a 70	3,5 a 4,5
De servicio	1	190	70 a 80	3,5 a 4,5
De sótano	1	190	60 a 90	3,5 a 4,5

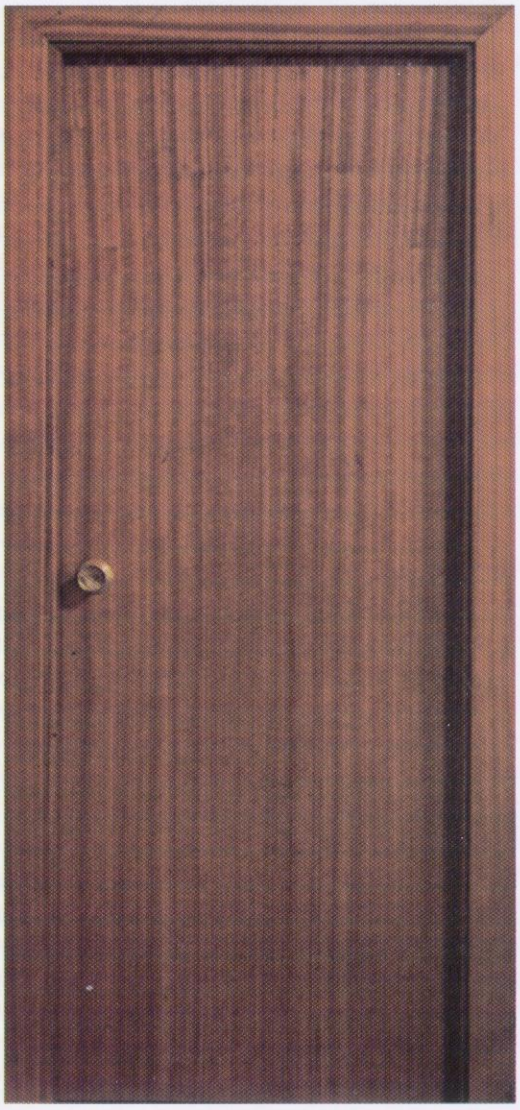


Figura 25

DEFINICIÓN DE LAS PARTES DE UNA PUERTA

Independientemente del estilo de la puerta, en este punto definiremos aquellos elementos que son más o menos comunes a todas las puertas, aunque hay algunas de ellas que escapan de toda generalización, por lo que se estudiarán más adelante como casos particulares.

Como regla general podemos decir que una puerta está constituida por una hoja, es decir, la parte móvil que permite el acceso a un espacio, y por un cerco o marco, que será la parte fija, unida a la obra y a la hoja. La hoja a su vez podrá ser plana o de relieve.

Hoja de puerta plana

Es la hoja de puerta hecha principalmente de madera, derivados de la misma y otros productos lignocelulósicos, formada esencialmente por dos paramentos planos y paralelos, encolados sobre un alma y bastidor (en la *figura 25* podemos ver una puerta plana con alma alveolada y formada en tablero contrachapado).

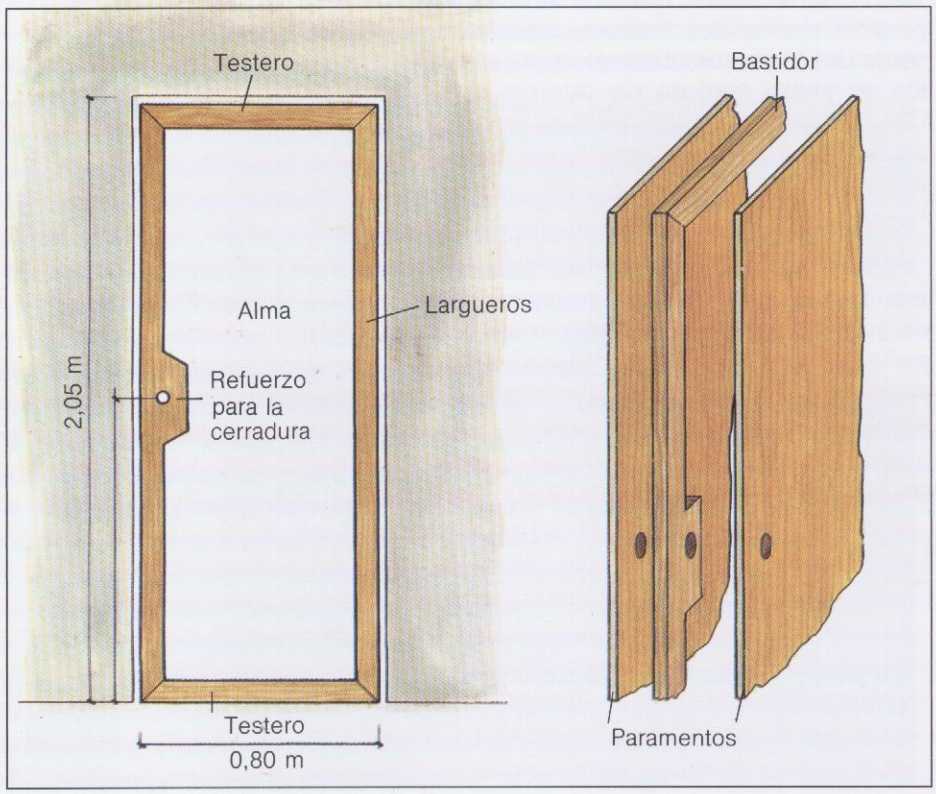
Para que haya una correcta comprensión de los elementos de una puerta plana de madera se definirá el bastidor como el marco de madera que forma el perímetro de la hoja en el que se sitúa el alma. Está compuesto de cuatro piezas de madera: las dos de mayor dimensión se denominan largueros y las otras dos testeros. Luego tenemos los paramentos, que forman el conjunto de elementos encolados sobre el alma y el bastidor, cuya superficie exterior constituye la cara o las caras de las puertas. El canto será la cara estrecha perpendicular a los paramentos. Los cantos paralelos a la mayor dimensión se llaman costados. Por último está el refuerzo para la cerradura, que será el ensanchamiento del larguero para permitir la fijación de la cerradura y de sus accesorios de cerrajería *(figura 26)*.

Una de las partes más importantes de una puerta plana es su interior, el alma, sobre la cual se encolarán los paramentos. Según sean la materialidad y densidad, el alma se denominará:

ALMA LLENA

Es el alma de construcción homogénea que presenta una superficie continua en el plano de encolado de los paramentos.

Figura 26



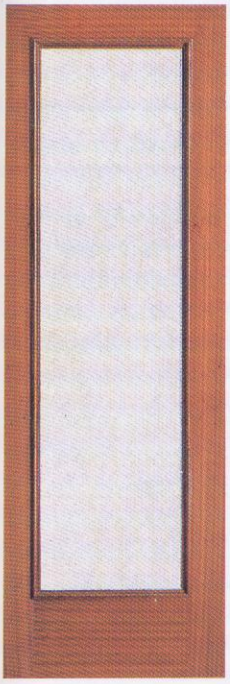


Figura 27

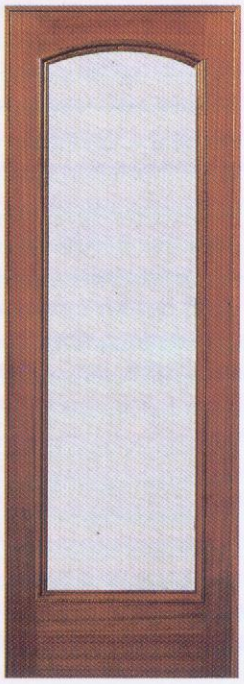


Figura 28

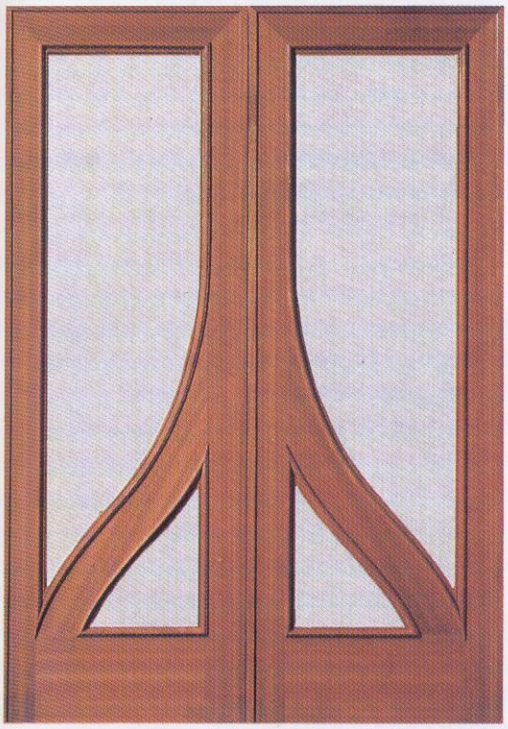


Figura 29

ALMA ALVEOLADA

Se denomina alma alveolada aquella en la cual la proporción que hay de huecos es grande en relación con el volumen total de la misma.

Los alveolos o huecos a que nos estamos refiriendo pueden estar limitados únicamente por tabiques, perpendiculares a los paramentos o bien en todos los sentidos, presentando en la superficie un plano de encolado continuo.

ALMA ALISTONADA

Es el alma de constitución análoga a la del tablero alistonado.

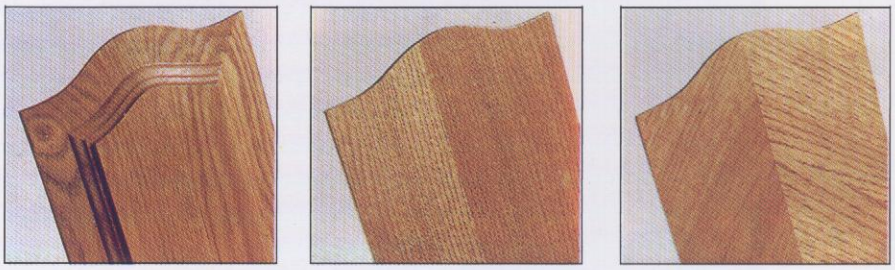
Puerta de relieves

Es la hoja hecha principalmente de madera o derivados de la misma, cuyos paramentos presentan combinaciones decorativas de varias superficies planas y molduras. En las hojas de puertas de carpintería en relieve se distinguen dos partes fundamentales: el bastidor y la parte central.

BASTIDOR

Está formado por piezas de madera o derivados de la misma u otros productos lignocelulósicos que constituyen la estructura principal de la hoja. Las piezas de mayor longitud son los largueros y las perpendiculares a éstos, los testeros.

La unión entre largueros y testeros se puede realizar de muy diversas formas, si bien predomina la forma a base de falsas espigas encoladas. Los bastidores de una hoja pueden tener ángulos rectos interiores, como se puede apreciar en la *figura 27*, donde un marco de madera de ukola presenta molduras decorativas que acogerán la parte central; de igual manera, en la *figura 28* se ve cómo en el testero superior se ha hecho una terminación curva, la cual una vez colocada la parte central dará una sensación de puerta más pequeña. El bastidor de dos hojas también podrá permitir formas curvas, como se ven en la *figura 29*, para lo cual la madera de ukola es muy efectiva. En esta figura se observa que el bastidor, hacia su parte central, puede romper la ortogonalidad que condicionará el funciona-



Tres tipos de acabado de un tablero central para una hoja de puerta de carpintería

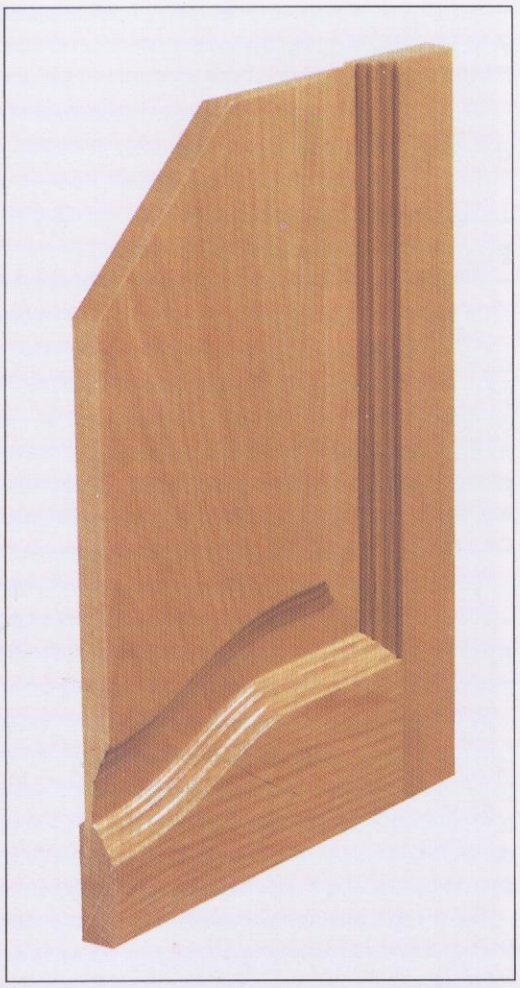


Figura 30

Figura 31

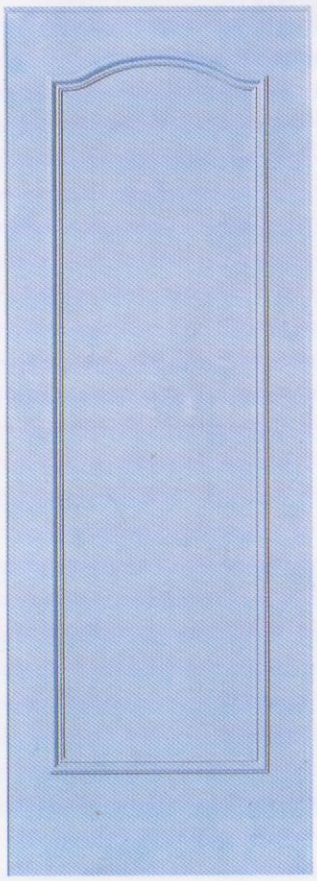
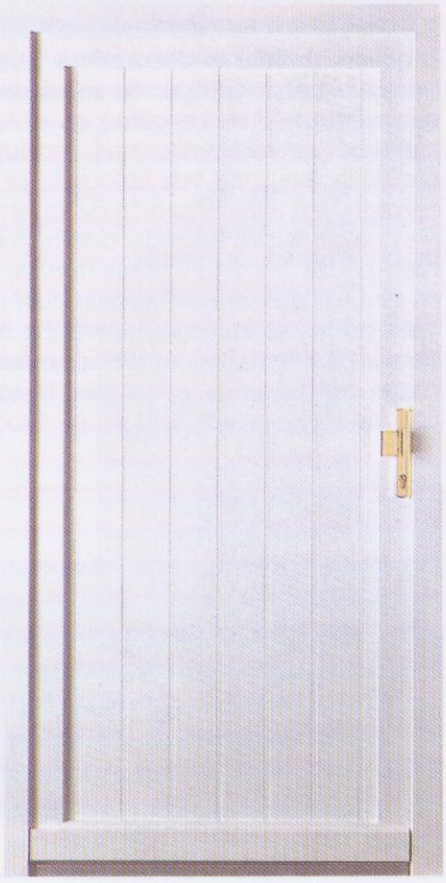


Figura 32



miento y el movimiento propios de una puerta batiente.

PARTE CENTRAL

La constituyen los plafones de madera o derivados de la misma, de espesor inferior al del bastidor y unidos al mismo, bien por un sistema de cajeado, bien por encolado a tope o simplemente sujetos mediante molduras. En la *figura 30* se puede ver el detalle de construcción que muestra cómo un bastidor de perímetro variable (interiormente) acoge, mediante un ensamble encolado, la parte central de la puerta.

CANTEADO

Está formado por los elementos encolados o clavados sobre los cantos, destinados a disimular la heterogeneidad del bastidor de la puerta, a variar sus medidas o a proteger los cantos.

DENOMINACIÓN DE LAS PUERTAS SEGÚN SU ESTRUCTURA

Existe una gran variedad de sistemas de construcción de puertas, de acuerdo con la función que desempeñan y el estilo que se le quiera dar a cada una de ellas. Si bien es cierto que en casi todas ellas se mantiene la idea de bastidor y parte central, la materialidad y forma en que se unen estos dos elementos determina una denominación de las puertas según su construcción. A continuación se exponen las principales modalidades con sus respectivos nombres comerciales.

Puerta almohadillada

En este caso, los paneles o parte central sobresalen del bastidor en términos de espesor, produciéndose una textura o relieve.

Puerta de barrotes

Se trata de la puerta que lleva elementos verticales que forman un conjunto decorativo, pudiendo ser imitación de balaustradas o barrotes verticales que pueden ser de hierro, de modo que estas

puertas sean de uso exterior, para entrada de parques o jardines.

Puerta de bastidor

Es la puerta de construcción más sencilla y corriente, formada principalmente por largueros y traviesas con los paneles o parte central remitidos.

Generalmente este tipo de puerta, por su uso corriente, no utiliza maderas finas y tiende a presentarse de color lacado, como se ve en la *figura 31*.

Puerta a la catalana

Es la batiente que está constituida por tablas machihembradas verticales sobre un bastidor con travesaños en diagonal, para evitarse así el descuadre o deformaciones del marco *(figura 32)*.

Puerta claveteada

Es aquella en cuya superficie del bastidor destacan los clavos que refuerzan la estructura de la puerta, siendo estos elementos decorativos en su acabado y en su ordenación sobre la superficie.

Puerta de cuarterones

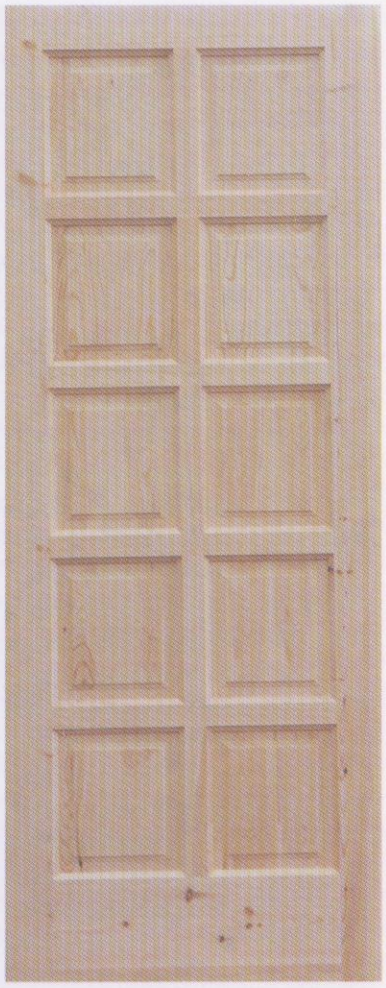
Se denomina de esta manera cuando sobresalen los paneles de forma cuadrada o rectangular, entre las traviesas y los peinazos. Esta ordenación de elementos cuadrangulares será en general de forma simétrica con respecto al eje de la puerta, como se puede apreciar en la *figura 33*.

Puerta chapeada o contrachapeada

Es la que está formada, en ambas caras, por superficies planas. Estas puertas generalmente tienen un marco de pino o de sapelly, cubierto por una placa de contrachapado que da a la puerta una apariencia más fina y robusta, como se ve en la *figura 34*.

Puerta a la francesa

Es la que está constituida por dos o más tableros que en su ancho llegan a tener



Puerta de diez paneles para una entrada principal, con molduras encontradas a 45°

Figura 33

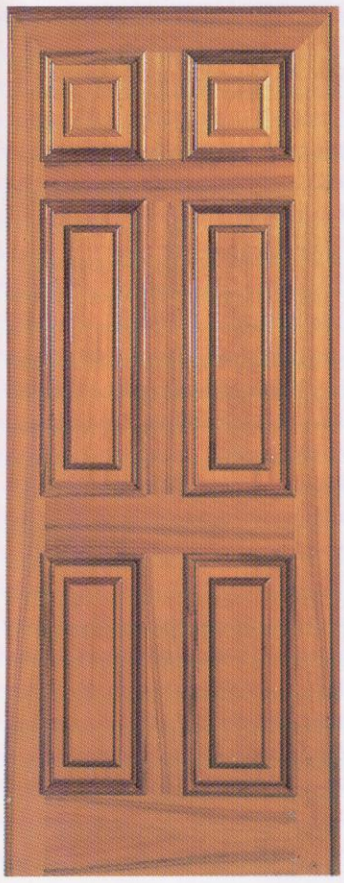


Figura 34

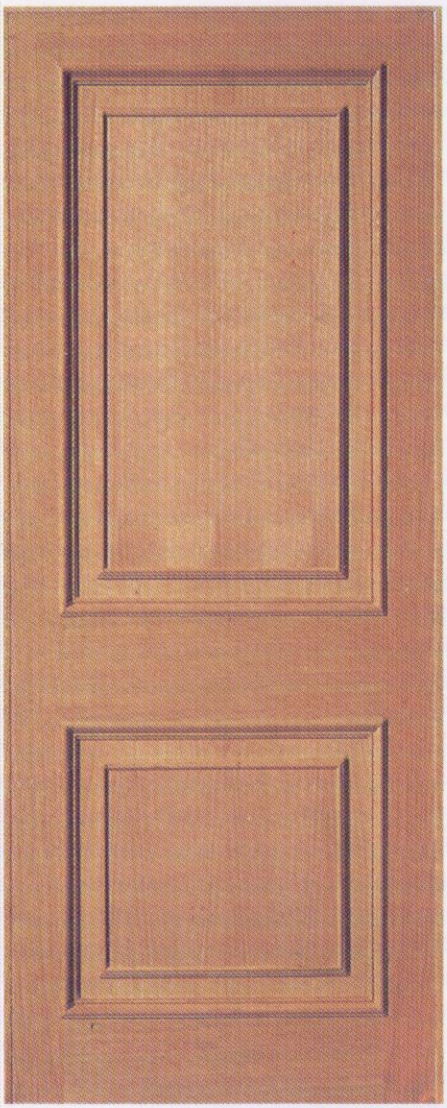


Figura 35

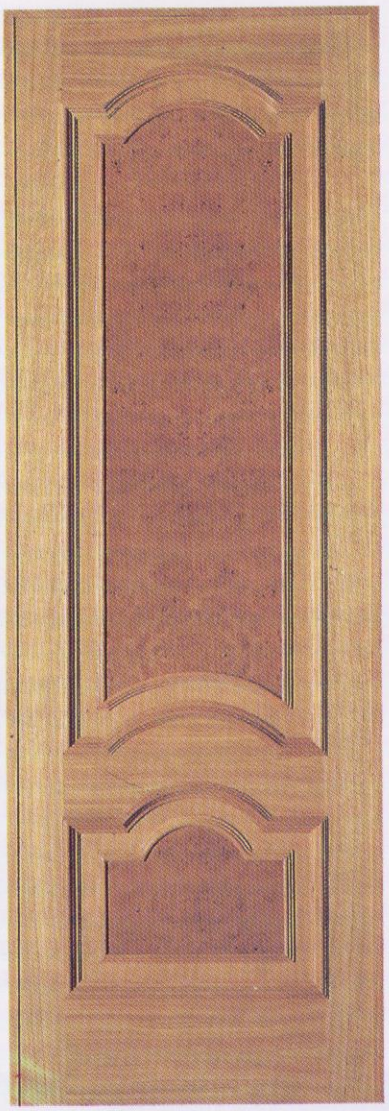


Figura 36

la misma dimensión que la distancia interna entre los largueros del bastidor *(figura 35)*.

Figura 37

Puerta a la italiana

Está formada por dos hojas decoradas con abundantes molduras y figuraciones complejas y curvas. Muchas veces en este tipo de puerta se aprovecha para enmarcar con las molduras, a modo de cuadro, algunas maderas de diferente naturaleza que la del bastidor.

En la *figura 36* se puede ver cómo una puerta de bastidor de roble aloja entre las molduras una parte central de madera de raíz de ukola.

Puerta mixta

Esta puerta está compuesta de madera en su bastidor y otro material en su parte central, como puede ser hierro, metal, acero, entre otros. En la *figura 37* se puede observar cómo una puerta mixta, que mezcla madera y vidrio, permite que en este último material se incluyan decoraciones talladas sobre vidrio.

DENOMINACIÓN DE LAS PUERTAS SEGÚN SU ACCIONAMIENTO

Resulta muy importante la colocación de los herrajes para el adecuado funcionamiento de las puertas, ya que una mala colocación podría significar una defectuosa circulación entre los espacios que se quieren conectar, o dentro del mecanismo propio de la batiente se podría generar un comportamiento defectuoso entre la hoja y el marco.

Las puertas se pueden clasificar en varios tipos según el sistema de su funcionamiento *(figura 38)*.

Puerta de eje vertical normal

En este caso, las hojas funcionan por medio de bisagras, pernios y goznes, entre otros sistemas de articulación, de tal manera que el abatimiento se produce en función al larguero del marco soportante *(figura 38 a)*.

Puerta de vaivén o doble acción

Este sistema de abatimiento puede aplicarse a una o dos hojas, y consiste en que cada puerta gira en dos direcciones mediante bisagras especiales que articulan la hoja indistintamente en el sentido de la fuerza que la mueve *(figura 38 b)*.

Puerta pivotante

Este sistema se utiliza cuando se tiene muy poco espacio para el abatimiento total de la puerta; en este caso, los pivotes que se articulan están situados más o menos distanciados del extremo, con el fin de reducir el emplazamiento de la puerta *(figura 38 c)*.

Puerta corredera

Es aquella cuya hoja se mueve desplazándose horizontalmente por rieles, guías

y poleas. Generalmente, al desplazarse queda a uno de los lados del marco *(figura 38 d)*, aunque si se tienen paredes lo suficientemente gruesas se podrá esconder entre ellas.

Puerta corredera articulada

Está formada por hojas estrechas que se articulan entre sí al estar montadas sobre guías, que podrán estar colocadas en sentido horizontal o vertical, como se ve en la *figura 38 e*; también hay variantes como la puerta telescópica, formada por hojas estrechas o montadas en una guía horizontal, que pueden plegarse sobre sí mismas hacia uno o los dos lados del marco *(figura 38 f)*.

Hay también la puerta corredera plegable, que tiene la guía en el centro o en el lateral, siendo sus hojas también articuladas *(figura 38 g)*.

Puerta de guillotina

Este modelo se sirve, para accionar la puerta, de un sistema de pesos y contrapesos, guías y poleas, que permiten que la hoja, con un mínimo esfuerzo, se pueda deslizar descendente o ascendentemente, como se ve en la *figura 38 h*.

Puerta giratoria

También conocida como puerta de torniquete, generalmente consta de cuatro hojas que giran en torno a un eje común, y permiten el acceso a un recinto sin que éste quede en ningún momento abierto por el giro de la puerta.

Esta puerta es muy utilizada en el acceso a recintos con aire acondicionado y donde no es posible abrir pasos de aire natural *(figura 38 i)*.

Puerta basculante

Este tipo de puerta consiste en una hoja de grandes dimensiones (generalmente se utiliza en los garajes) que, colgada horizontalmente del dintel, puede ser rígida y tener la guía en los largueros del marco a la altura del dintel o ser plegable, siendo la hoja articulada en al menos dos hojas, con la guía en los largueros y con bisagras entre las superficies articuladas *(figura 38 j)*.

Figura 38

OBSERVACIONES ESPECIALES SOBRE PUERTAS

Aparte del aspecto estrictamente constructivo y estilístico de una puerta, también es necesario conocer su situación en función del espacio, así como la disposición de los accesorios según sea su tamaño. Con ello se conseguirá que un espacio arquitectónico sea más o menos habitable, ya que, por ejemplo, una mala colocación de una puerta puede hacer que la condición de habitabilidad de un recinto sea muy deficiente.

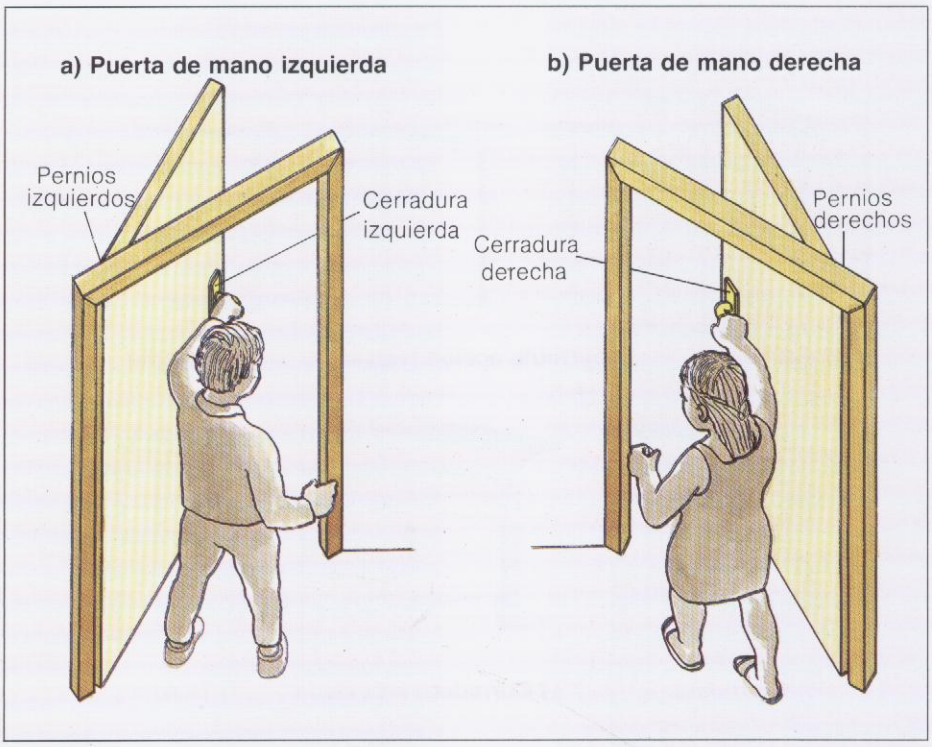


Figura 39

Mano de las puertas

Si una persona se sitúa frente a una puerta, por su cara principal, y la abate hacia fuera o hacia dentro, definirá con esta acción el que la mano sea izquierda o derecha *(figura 39)*.

Si la puerta es de una sola hoja resulta muy sencillo saber de qué mano es; en cambio, cuando se trata de dos hojas, la que manda es la que primero se abre.

La disposición de la herrajería en las puertas

Toda puerta, además de su hoja y marco, contiene un conjunto de herrajes que para su buen funcionamiento tendrán que estar bien dispuestos. Bisagras planas, pernios, goznes, cerraduras por la cara y el canto, fallebas y mirillas serán colocados según el caso que corresponda, manteniéndose ciertas normas, de manera que pernios y goznes, por ejemplo, no pueden colocarse indistintamente en el marco o en la puerta, como se hace con las bisagras ordinarias. La parte inferior, o sea el pernio, se coloca en el marco y la superior, en la puerta. Algo que es muy importante cuando se van a encargar comercialmente los herrajes para una puerta es tener muy claro la mano para la cual se necesitan dichos elementos.

Cuando se trate de dos hojas, habrá que distinguir para la denominación de los herrajes tres casos: la puerta de dos hojas con peinazo *(figura 40 a)*, la puerta de mano derecha de dos hojas *(figura 40 b)* y la puerta de mano izquierda de dos hojas *(figura 40 c)*. Un caso particular lo tenemos en la *figura 40 d*, donde la puerta abre hacia el exterior, de modo que, aunque la puerta sea de mano derecha, los pernios y el picaporte de la cerradura tienen que ser de mano izquierda. La dimensión de los herrajes dependerá de factores de seguridad, materialidad, tipo de uso, peso y sistema de abatimiento de la puerta en cuestión.

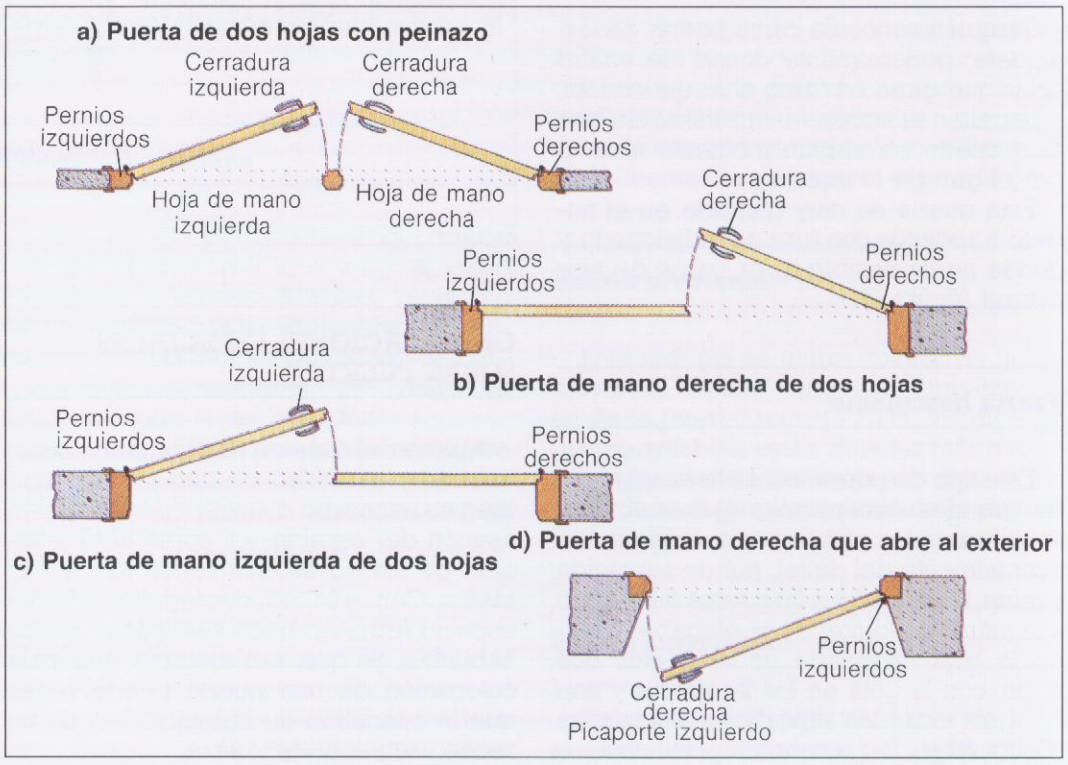


Figura 40

La distancia y la distribución de los herrajes en una puerta estarán condicionadas a ciertas normas y especificaciones técnicas, las cuales se resumen en la *figura 41*.

Emplazamiento de las puertas

Dentro de un proyecto de arquitectura y en especial su distribución interior, es de vital importancia la situación de las puertas, ya que su utilización y buena disposición podrán permitir que el tránsito propio del uso de la vivienda no se contraponga con aquellas zonas de permanencia que se crean en todo interior construido.

Como norma general, las puertas deben abrir hacia dentro y a la derecha, y lo mismo si son de dos hojas *(figura 42)*. No obstante, según convenga estas normas pueden variarse en beneficio de una mejor distribución espacial, ya que las puertas tendrán que disponerse en función del proyecto arquitectónico y no al contrario.

En todas las puertas de acceso a edificios públicos se usarán, por ley, puertas que abatan hacia el exterior, de manera que si existiera una salida masiva la presión de las personas no obstruyera el paso a través de las puertas.

Otra de las disposiciones que pueden producir problemas son aquellas que presentan una esquina de 90° en la que se encuentran dos puertas; en este caso, se tendrá que evitar por todos los medios que ambas se abatan hacia el interior del ángulo recto, ya que sería imposible abatir las dos puertas simultáneamente por falta de espacio, siendo la solución que se abran hacia el exterior de la esquina *(figura 43)*.

Otro caso importante se dará cuando existan puertas con salida a un corredor, ya que éstas deberán abrirse con preferencia hacia dentro, si bien, a veces, lo reducido de la habitación exige que se abran hacia fuera; y si este fuera el caso se procurará que no impidan sino que faciliten la salida al exterior. Si se abren hacia dentro, el mejor aprovechamiento del espacio exigirá que se abatan hacia la pared, ya que así no se usará un espacio excesivo en cada abatimiento.

Dos puertas que estén separadas por una pared y que comuniquen a dos espacios menores, como podrían ser habitaciones, siempre se abatirán de forma "encontrada", de tal manera que al estar abiertas ninguna de ellas impida quedar frente al espacio total de cada habitación *(figura 44)*.

Distancias a las que deben estar colocados los herrajes en una puerta

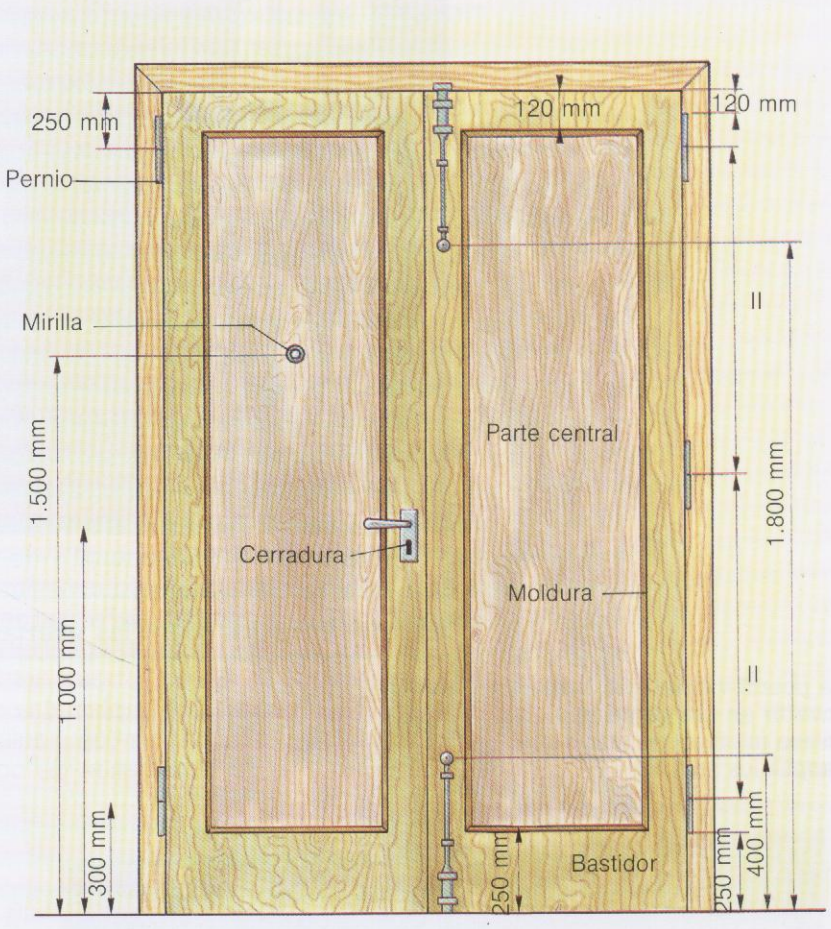


Figura 41

Figura 42

Figura 43

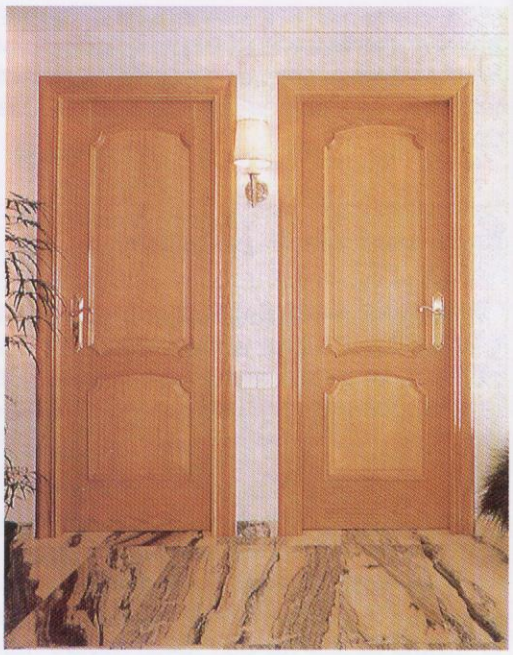


Figura 44

Algunos consejos sobre las puertas

Las puertas lisas contraplacadas están particularmente indicadas como aislantes acústicos, cuando se rellenan de corcho aglomerado o con algún aislante plástico entre tableros.

Deben proscribirse y evitarse por completo las puertas que tengan una sola de sus caras lisas, pues al no compensarse los espesores de tablero (entre una cara y la otra) se tienden a alabear con mucha facilidad frente a cualquier cambio de temperatura o humedad.

Se debe evitar la colocación de travesaños a la altura normal de la cerradura (1,10 m), pues su encaste elimina la acción sujetante de la espiga.

La puerta vidriera en interiores de piso, aparte del concepto decorativo, resulta eficaz para facilitar la iluminación de pasillos, salas de distribución y otros recintos que no reciben suficiente luz natural, siendo el travesaño inferior de la puerta el que efectúa la mayor acción resistente de la misma, por lo que conviene darle más anchura que la de los largueros.

En puertas interiores o exteriores que precisen seguridad, es eficaz la colocación de dos tableros o paneles de la mitad del grueso deseado, y entre ellos una plancha de hierro de 1 a 2 mm de espesor, y si se quisiera una mayor seguridad se pondrá entre dos muletones o tendidos de algodón para impedir la acción de sierras o taladros.

La colocación de bisagras ofrece una mayor resistencia a la caída de la puerta si se hace por el plano. Colocadas por el canto, quedan ocultas las alas y son más resistentes a la acción de la palanca.

La principal propiedad de una puerta es la de ser perfectamente plana, lo cual dependerá del cuidado en su montaje y de la sequedad de los largueros. Es importante que en el momento del armado

Una puerta vidriada se puede convertir en una verdadera ventana interior que ilumina y amplía los recintos

de la puerta el bastidor esté perfectamente seco, ya que si está húmedo, una vez armada la puerta y frente a cambios bruscos de temperatura (especialmente en puertas de acceso) se pueden producir graves deformaciones, que impedirán su correcto ajuste con el marco.

LA CONSTRUCCIÓN DE PUERTAS EXTERNAS

Existe una serie de medidas y tolerancias en las hojas para puertas de exterior y entrada a pisos, como son la longitud o altura, que estará entre 2.110 mm y 2.030 milímetros; la anchura de la puerta será como norma estándar de 825 mm y el grosor, de 40 mm a 45 mm. Todas estas medidas de hoja dependerán de la situación donde vayan a estar expuestas y serán intercambiables y variables según casos especiales. Con respecto a las especificaciones técnicas se aceptará como valor máximo de humedad, en las puertas de exterior, un 10 % y como valor mínimo, un 15 %.

Si la puerta es de madera maciza, su cara exterior (y la interior si se quiere), se protegerá con barniz, para lo cual no se admitirán nudos que no sean sanos. El diámetro de los nudos admitidos no será superior a 10 mm en las caras vistas. La suma de los diámetros de los nudos en estas caras no será superior a 20 mm por cada metro lineal. En las caras ocultas el diámetro de los nudos sanos puede llegar hasta la mitad del ancho de la cara donde estén situados. Se admitirá la madera con fendas superficiales procedentes de variaciones ambientales transitorias, pero no se admitirán acebolladuras en ninguna de las piezas que constituyan la puerta ni tampoco evidencias de ataques de hongos cromógenos y de pudrición o ataques de insectos.

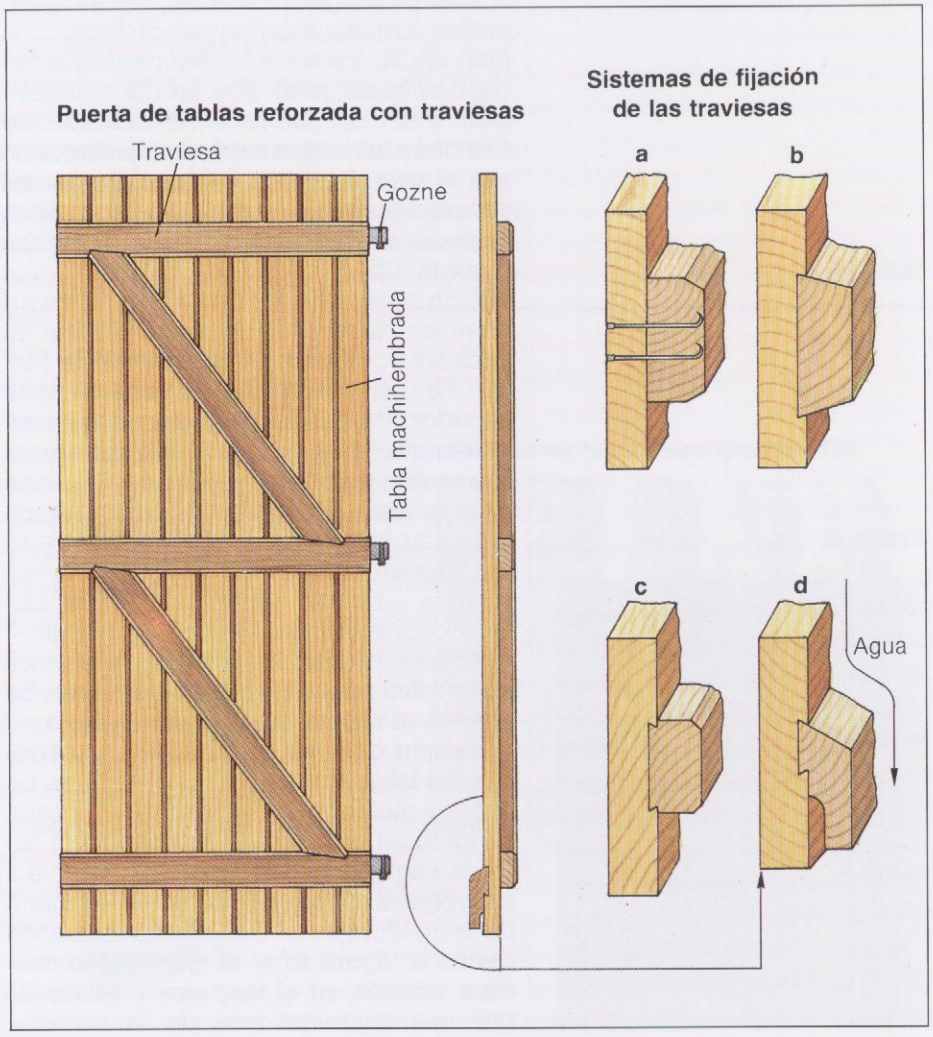
Existe una gran variedad de puertas para exteriores, con una o dos hojas, teniendo todas en común que su cara exterior estará expuesta a la intemperie, por lo que la elección de una buena madera es indispensable, como también la solidez de sus uniones, ya que una puerta de exterior ante todo debe ser muy segura. A continuación se describen los sistemas de construcción de las puertas de exterior más usadas.

Puertas sencillas

Este tipo de puerta se usa para casas rústicas, granjas, cierre de muros y vallados, entre otras utilidades. Su principal función es la de resistir las inclemencias del tiempo *(figura 45)*. En esta figura podemos ver una puerta sencilla constituida por tablas machihembradas de 18 a 30 milímetros de espesor, reforzada con traviesas y diagonales de 30 a 50 mm de espesor. En algunos casos los cantos de las tablas machihembradas pueden llevar molduras simples. La estructuración de las tablas se hace por medio de tres o más traviesas equidistantes, con la tornapunta fijada en diagonal, que servirá para evitar cualquier descuadre. Existen tres formas de fijar las traviesas y tornapuntas con las tablas: con puntas acodilladas, que pueden ir embutidas, para su mejor presentación *(figura 45 a)*; con cola de milano, evitándose así los clavos y obteniéndose una unión muy resistente *(figura 45 b)*; con cola de milano cubierta, que evita que se vean las rendijas al contraerse la madera *(figura 45 c)*; el sistema de cola de milano cubierta también sirve para reforzar la traviesa inferior y añadir a veces un vierteaguas *(figura 45 d)*.

Estas puertas suelen ir sin bastidor ni marco, por lo que para su colocación se emplean goznes que van directamente empotrados en la pared.

Figura 45



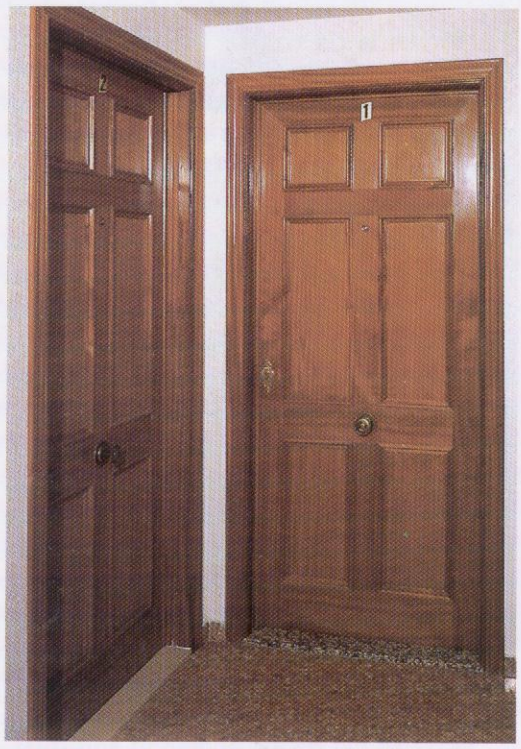


Figura 46

Puertas de calle

Existe una gran variedad, tantas como estilos arquitectónicos pueda tener una fachada. Antiguamente siempre se hacían de dos hojas, pero hoy en día acostumbran a ser de una hoja. No obstante, se mantiene la tendencia de que esta puerta sea la más decorada y ornamentada del recinto construido; como característica general, son macizas, con mirilla, aldaba o pomo y buzón en algunos casos *(figura 46)*. En su construcción pueden intervenir diversos elementos, como carpintería en exclusiva o mezclada con partes de hierro. Es una puerta que en general tiene bastidor con placas de madera en su parte central, cuando se quiere presentar una puerta elaborada y trabajada. En este caso se usa el ensamble de caja y espiga para unir las piezas del bastidor entre sí; los largueros, traviesas y peinazos llevan ranuras —que se hacen pasando el acanalador siempre por la misma cara guía— donde se insertan los paneles, que nunca se encolan para evitar que se agrieten. Se montan al mismo tiempo que el marco.

Existen distintos ensambles de traviesas con largueros, formas de labrar las ranuras y moldurar los bordes de una cara. La moldura escapada pierde su perfil hacia la esquina, donde la sección vuelve a ser regular *(figura 47)*. La unión a inglete de la moldura es un trabajo de realización delicada *(figura 48 a)*, al igual que la moldura labrada en el larguero y rellenada por una contramoldura de la traviesa,

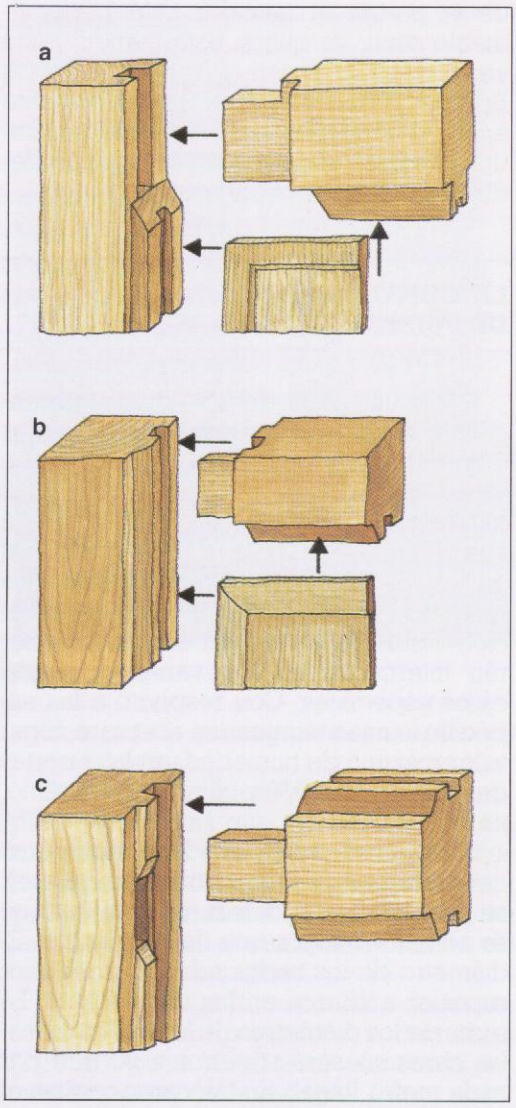
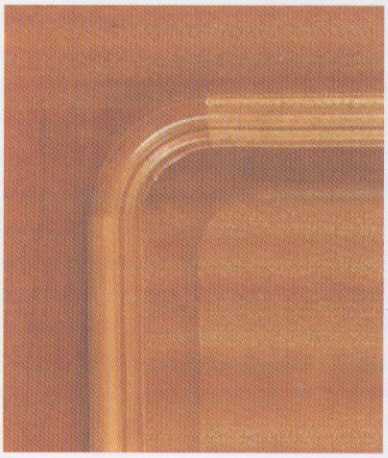


Figura 48

donde se juntan ambas piezas *(figura 48 b)*. Un ensamble de traviesa central en larguero o de peinazo en traviesa puede realizarse con dos cortes a inglete *(figura 48 c)*.

A menudo, en vez de labrar las molduras en las piezas del bastidor se utilizan listones moldurados, que se clavan al marco y a las traviesas, pero nunca al panel. En la *figura 49 a* se puede ver un listón cortado y ensamblado a inglete, mientras que en el detalle de la citada figura se puede ver la misma moldura con una parte del listón cortado a escuadra y la otra a inglete. Existen otras modalidades para sujetar paneles a través de ranuras y aristas de los travesaños moldurados *(figura 49 b)* o con rebajo y listón moldurado de sujeción *(figura 49 c y d)*. La ventaja que tienen estas dos últimas modalidades es que no es necesario elaborar tanto el bastidor, ya que las molduras por separado se encargarán de dar el detalle decorativo, siendo este proceso más económico e industrializado. Para puertas de exterior con cristaleras,

Figura 47



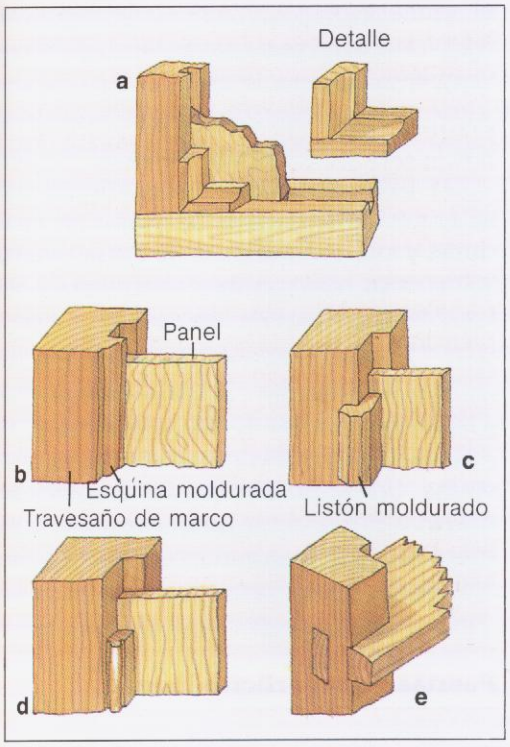


Figura 49

se procederá haciendo marcos interiores, tal como se indica en la *figura 49 e*.

Puertas de terraza

Como su medio será preferentemente la intemperie, estas puertas tendrán que ser resistentes. La construcción y ensamblaje es muy similar a los de las demás puertas para exterior, pero además de llevar vierteaguas, tanto en la puerta como en el marco, deberán ser orientadas de tal manera que puedan repeler el agua sin que ésta penetre en sus junturas. En muchos casos la cara que da al exterior se deja completamente lisa para que pueda ser revestida con una placa metálica, que podrá ser de cinc o hierro galvanizado. Pero si se quiere mantener la madera como material predominante, se deberán usar tablas machihembradas dispuestas en vertical u horizontal sobre la superficie de la puerta *(figura 50)*.

LA CONSTRUCCIÓN DE PUERTAS INTERNAS

Las puertas para interiores pueden ser de una o varias hojas, con ornamentos profusos, decoradas por ambas caras o lisas, de maderas corrientes o finas y exóticas; pueden ser, además, por un lado sencillas y lisas mientras que por su cara opuesta pueden tener un estilo y apariencia acordes con los del recinto del que forman parte. Las habrá con paneles o parte central lisa o aristada, teniendo como diferencia con las de exterior que las puertas interiores con vidriera o cristales tienen rebajos para ellos en vez de ranuras para paneles, y en lugar de masilla o silicona como en el exterior se utilizan listones clavados en el armazón.

En general, no existe mucha diferencia en los elementos que estructuran una puerta de interior y otra de exterior, salvo todos aquellos detalles que en esta última la hacen inmune a las condiciones adversas del clima.

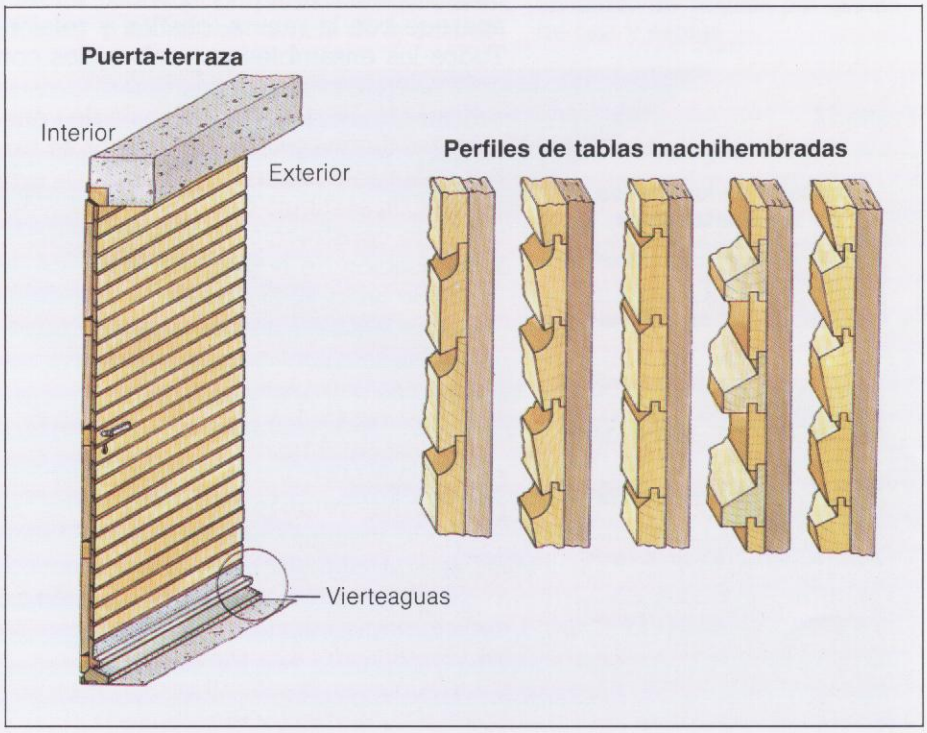
Puerta de dos o más paneles

Este tipo de puerta tendrá que diferenciarse en dos clases: la que tiene dos paneles generalmente no tiene molduras, siendo sus dos entrepaños lisos, y la de más de dos paneles tiene largueros, traviesas y peinazos, según corresponda.

Por ejemplo, si tenemos una puerta de cinco paneles *(figura 51)*, tendremos el armazón de la puerta que lleva por una cara molduras escapadas y consta de dos largueros, cuatro traviesas y dos peinazos que reciben los paneles, parte central o entrepaños. Estos llevan un rebajo alrededor con el fin de hacerlos más decorativos y que formen espigas no excesivamente gruesas para introducirlas en la ranura del armazón.

Para la ejecución del armazón podrán utilizarse los ensambles que se muestran en el detalle *a* de la *figura 51*, donde el

Figura 50



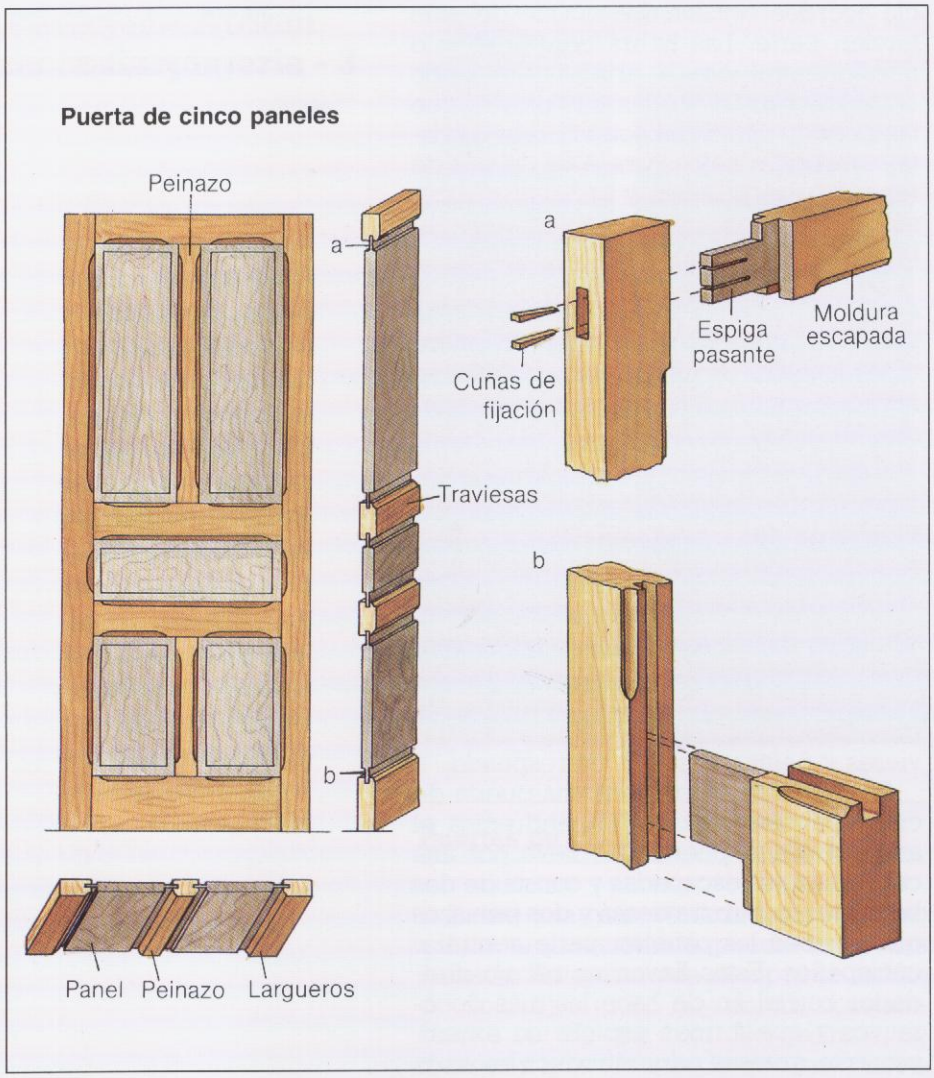
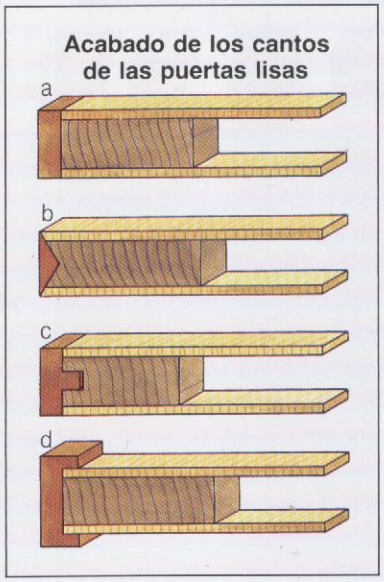


Figura 51

Figura 52



larguero recibe la traviesa superior, que lleva espiga pasante y retalón o cuñas de fijación. En el detalle *b* de la *figura 51*, el conjunto de larguero y traviesa inferior aparece con la ranura, chaflán y retalón. Todos los ensambles van reforzados con cuñas desde el exterior.

Si se quiere realizar el trabajo de construcción de una puerta de interior se deberá seguir la siguiente pauta:

1) Con el dibujo del conjunto y los detalles de construcción a la vista, se hace la cubicación de la madera necesaria.

2) Se labra el material.

3) Se encolan los paneles.

4) Se marcan las escopleaduras y espigas, y se ejecutan las mismas.

5) Se hacen las ranuras y molduras.

6) Se dan los cortes a inglete (a 45°) o a escuadra (a 90°), y se quitan las rebajas para formar la unión a boquilla.

7) Se monta el armazón, rectificando las espigas si fuera necesario.

8) Se cortan los paneles a la medida correspondiente, dejando un margen de 1 a 2 mm para cada ranura.

9) Una vez hecho el armazón se encolan los paneles y entre tanto se le pasa el acanalador y se pasa en la tupí para hacer las ranuras correspondiente según el grueso de los paneles.

10) Luego viene el moldurado; en las puertas sencillas, largueros y traviesas llevan sólo chaflanes o molduras sencillas.

11) Preparadas todas las piezas de que se compone la puerta, se pulen las molduras y cantos interiores de los largueros y traviesas, y las caras y molduras de los paneles. Se encolan las espigas y escopleaduras (los paneles nunca se encolan); después se aprieta y acuña convenientemente la puerta, procurando que al tiempo de encolar no se alabee, para lo cual se tendrá bien plana sobre dos traviesas. Una vez seca la cola, se procede a terminar de pulir la puerta, dejándola ya lista para la siguiente operación: el montaje en el marco.

Puertas de superficies lisas

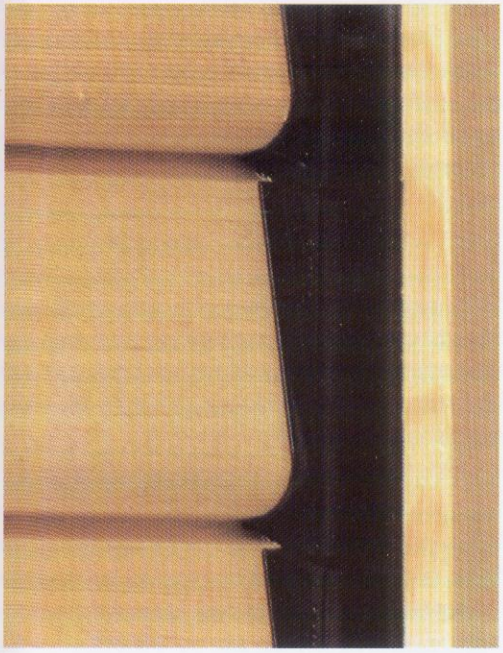
Actualmente se encuentra contraplacado o contrachapado que permite confeccionar puertas de superficies lisas con mucha rapidez.

Estas puertas se constituyen con dos hojas de contrachapado encoladas a un bastidor o a un tablero prensado construido de tal manera que se puedan evitar las diferencias de tensiones propias de la madera ordinaria. Si el interior del tablero se estructura por medio de peinazos y traviesas se llamará emparrillado, el cual tendrá que estar suficientemente calculado en su distribución y número, a fin de que los tableros de contrachapado no acusen los espacios interiores. Estos tableros deben tener de 4 a 8 mm de grueso, y si son tableros prensados podrán tener, según su densidad, entre 4 y 6 mm.

Las ventajas de este tipo de puertas es que son livianas, de bajo costo y no están propensas al alabeo ni a la deformación.

El rebajo del marco de esta clase de puertas tendrá una profundidad igual al grueso de la puerta; en los cantos de éstas se pondrá un regrueso o suplemento para tapar las junturas y evitar que salten las astillas del material aglomerado.

Estos bordes de puerta estarán encolados en un listón a testa y sin espigas *(figura 52 a)*, o tendrán un listón triangular incrustado de la misma especie que los tableros que se han de cubrir *(figura 52 b)*; otra posibilidad es que los cantos tengan un listón con lengüeta, que entrará en una ranura del bastidor sin forzarla *(figura 52 c)*, o un listón con solapa o contramontante, abarcando todo el espesor de la puerta con un saliente mínimo de 8 a 10 milímetros por cada cara *(figura 52 d)*.



3 Hojas de ventana y balconeras

Desde un punto de vista arquitectónico, tanto la ventana como la balconera ayudan a organizar formalmente el muro de cierre, determinando que un espacio interior sea más o menos habitable, ya que dichos elementos son verdaderos diafragmas que permiten controlar la luz y la amplitud que puede alcanzar un proyecto arquitectónico. Teniendo en cuenta este papel de protagonista, podemos distinguir una doble finalidad en estos elementos: una característica permeable, al proporcionar un hueco, que a la vez permite la relación con el mundo exterior dejando pasar la luz y asegurando una adecuada ventilación; y una característica impermeable, al cerrar los huecos de los vanos de ventanas y balcones y así evitar las inclemencias atmosféricas, contribuyendo al adecuado bienestar en el recinto en que se sitúan.

De estas dos funciones opuestas se deriva la importancia que tiene el diseño correcto de la ventana y la necesidad del estudio de todas las variables que intervienen.

HOJAS DE VENTANA

La incorporación de la ventana como la concebimos hoy en día, un elemento cotidiano y natural, dista de ser un hecho muy antiguo desde el punto de vista histórico. Las primeras noticias sobre ventanas, como huecos abiertos en los muros, datan del Imperio Romano, aunque en ese tiempo los patios interiores cumplían la función que hoy en día realizan las ventanas. El vidrio ordinario, cuya invención se atribuye a los fenicios, constituyó el material que hizo posible la puesta a punto de la ventana como elemento de iluminación natural de los locales cerrados, tal como la conocemos hoy.

El siglo XIV aporta una nueva organización de la vida social con la concentración de los habitantes en las ciudades, lo que da lugar a la construcción de edificios de ejecución económica y simple. Pero en contrapartida, las clases más acomodadas dieron mucha más importancia a las fachadas principales de sus casas urbanas, como consecuencia de lo cual se

Detalle del encuentro angular de un marco de ventana por juntura de caja y espiga

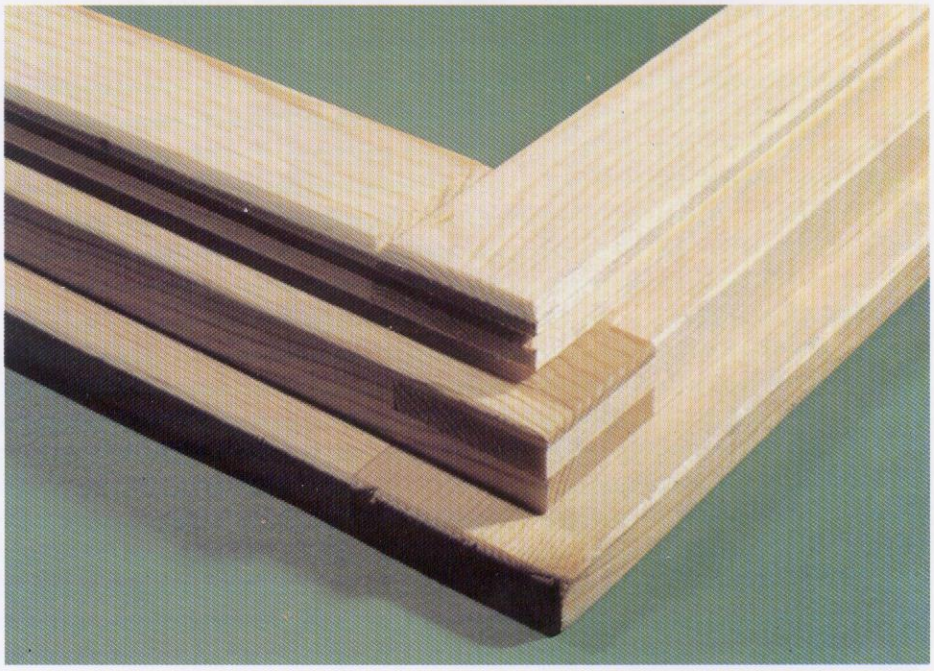


Figura 53

generó en torno a las ventanas una ebanistería de fachada y carpintería de ornamentación *(figura 53)*.

En los años que precedieron a la I Guerra Mundial se empezó a estudiar la posibilidad de perfeccionar la ventana, para dotar de viviendas dignas a las capas populares, cada vez más numerosas en las ciudades. Actualmente, sigue siendo una necesidad el perfeccionamiento de la ventana, tanto en su hoja como en su unión con el marco, ya que es indudable que el problema de iluminación y ventilación natural es primordial para un nivel de bienestar humano. De ahí la importancia de la ventana como factor de bienestar psicosomático de los ocupantes de cualquier interior construido.

Elementos principales de una ventana

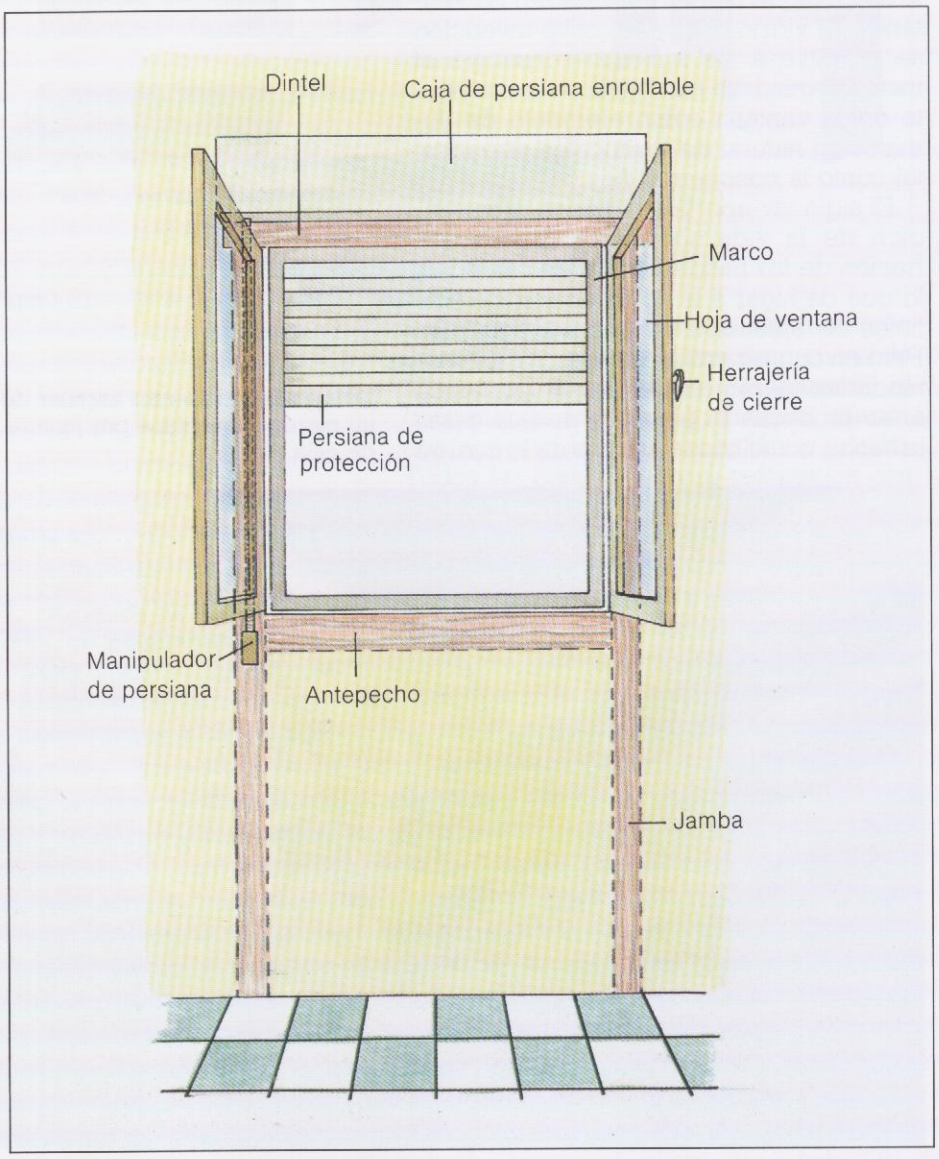
En la abertura en el muro que permite la ventilación y la iluminación se distinguen como elementos:

a) el dintel, que es la pieza de albañilería que se coloca encima de la ventana, y puede ser rectilíneo o curvilíneo;
b) la peana, que es la superficie inferior que limita la altura del antepecho, y donde se asienta la ventana;
c) las jambas, que son los montantes que sostienen el dintel y limitan la anchura del hueco.

Luego viene el cerco o marco de madera, con sus montantes, donde van sujetas las ventanas para su correcto cierre y para recibir la parte móvil o batiente, destinado a cerrar el hueco.

Por lo tanto, una ventana es una unidad relativamente compleja, donde sus elementos (premarco, marco, hoja, vidrio, herrajes y elementos de protección) tienen la condición de cerrar un hueco herméticamente *(figura 54)*.

Figura 54



Posición de una ventana

La posición y el tamaño de una ventana son dos factores que están estrechamente vinculados, ya que la iluminación deberá calcularse en función de la superficie vidriada y no sobre la abertura de la obra, teniéndose en cuenta la orientación en la cual está instalada. Por ejemplo, hay determinados climas que no se corresponden con el mediterráneo, en los que se busca dar facilidades al sol para que entre al máximo de profundidad en las habitaciones. Tal es el caso de las viviendas de los países nórdicos y australes, en las que se busca la disposición de amplias ventanas orientadas al este o al oeste.

Existen otros espacios que necesitarán un nivel uniforme y alto de iluminación natural, como son las aulas o salas de dibujo. En estos casos será aconsejable un diseño de ventanas con dimensiones amplias, dotadas de una relación bien estudiada entre la altura de antepecho y el plano habitual de trabajo, siguiendo una distribución de ventanas adaptadas a la trama estructural en la que predomine el vacío sobre el lleno y las ventanas con antepecho alto y sin dintel, de manera que se tenga luz pero no deslumbramiento.

Al proyectar un edificio se dispone de la posibilidad de diseñar y dimensionar las ventanas de la manera más favorable. Por medio de una distribución adecuada se pueden lograr habitaciones iluminadas por uno de sus lados, por dos lados continuos o por dos lados opuestos. Ello da lugar a una mayor o menor uniformidad de su nivel de iluminación.

Existen dos criterios para medir la iluminación natural de un local. El primero

consiste en valorar la intensidad de la luz sobre el plano horizontal de trabajo a una determinada altura sobre el suelo, derivado de la suposición de que el trabajo sobre una mesa es el más habitual. Otro criterio es valorar la realidad tridimensional del espacio iluminado, el cual es mucho más difícil de llevar a la práctica. Según el tipo de actividad que se vaya a desarrollar, un espacio interior deberá contar con una adecuada intensidad y distribución de la propagación lumínica, tal como se muestra en la *figura 55*, donde se puede ver cómo el tamaño y la ubicación de diversas ventanas y balcones inciden de diferente manera en un mismo espacio.

Con respecto a las medidas de las ventanas, en la práctica y para evitar confusiones, será necesario concretar si la primera medida es la altura o la anchura. Generalmente se da como primera medida la altura *(cuadro II)*.

Diferentes grados de iluminación según el tamaño y la disposición de las ventanas

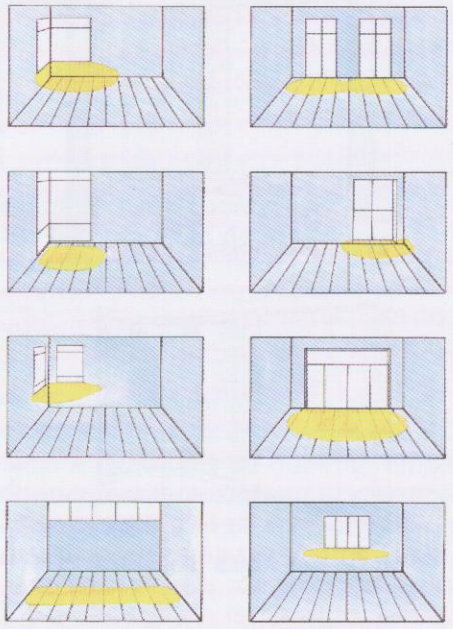


Figura 55

Denominación constructiva de la ventana

Desde un punto de vista constructivo se pueden diferenciar tres sistemas: ventana ordinaria, cuando en su construcción sólo hay un rebajo para un cristal; ventana doble, cuando la vidriera está constituida por dos o más cristales que, separados por cámaras de aire estanco, pueden generar un conveniente aislamiento acústico y térmico; ventana con postigo, cuando por la cara interior lleva acoplada una pequeña hoja de madera que se denomina postigo.

Sistemas básicos para la abertura de ventanas

El accionamiento de una ventana dependerá del espacio en que irá colocada y de la función lumínica y de ventilación que se le quiera exigir.

Los principales sistemas de accionamiento son:

SISTEMA DE EJE VERTICAL NORMAL

Son las ventanas, de una o más hojas, giratorias, colgadas por los laterales, y que podrán ser de abertura interior o exterior, teniendo como precaución en este último caso que la hoja tenga algún sistema que fije su posición ante una fuerza eólica. En general, este es el sistema de fabricación más sencillo entre los practicables y en consecuencia el más económico (si es de dos hojas podrá o no tener peinazo en medio). Las ventanas que abren hacia dentro, en general, facilitan su limpieza, pero son menos eficaces contra la infiltración de agua de lluvia y menos resistentes a la acción del viento que las basculantes *(figura 56 a,b,c,d,e* y *f)*.

SISTEMA DE EJE HORIZONTAL

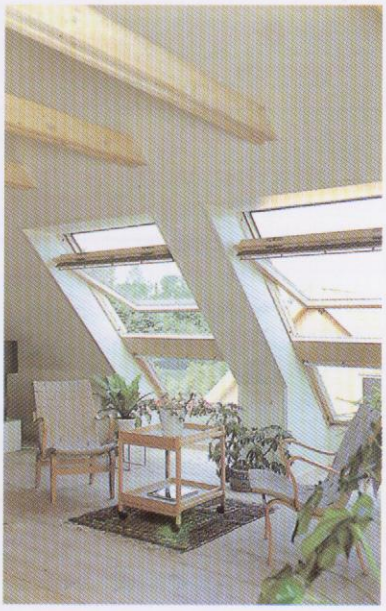
Son ventanas que en general se utilizan con hojas de pequeña altura, abriendo hacia dentro, en tarjas de ventilación o

Cuadro II

MEDIDAS MÁS USUALES DE LAS VENTANAS

Denominación	N.º de hojas	Altura en cm	Anchura en cm	Grosor en cm
Ventanales	2-4	150-200	150-250	5,5
Ventanas normales	2	120-150	110-150	5,5
Ventanas pequeñas	1	100-120	60-80	5,5
Ventanas de cocina	1-2	80-100	80-120	4,5
Ventanas de sanitarios	1	60-80	40-60	4,5

Ventana basculante de eje horizontal



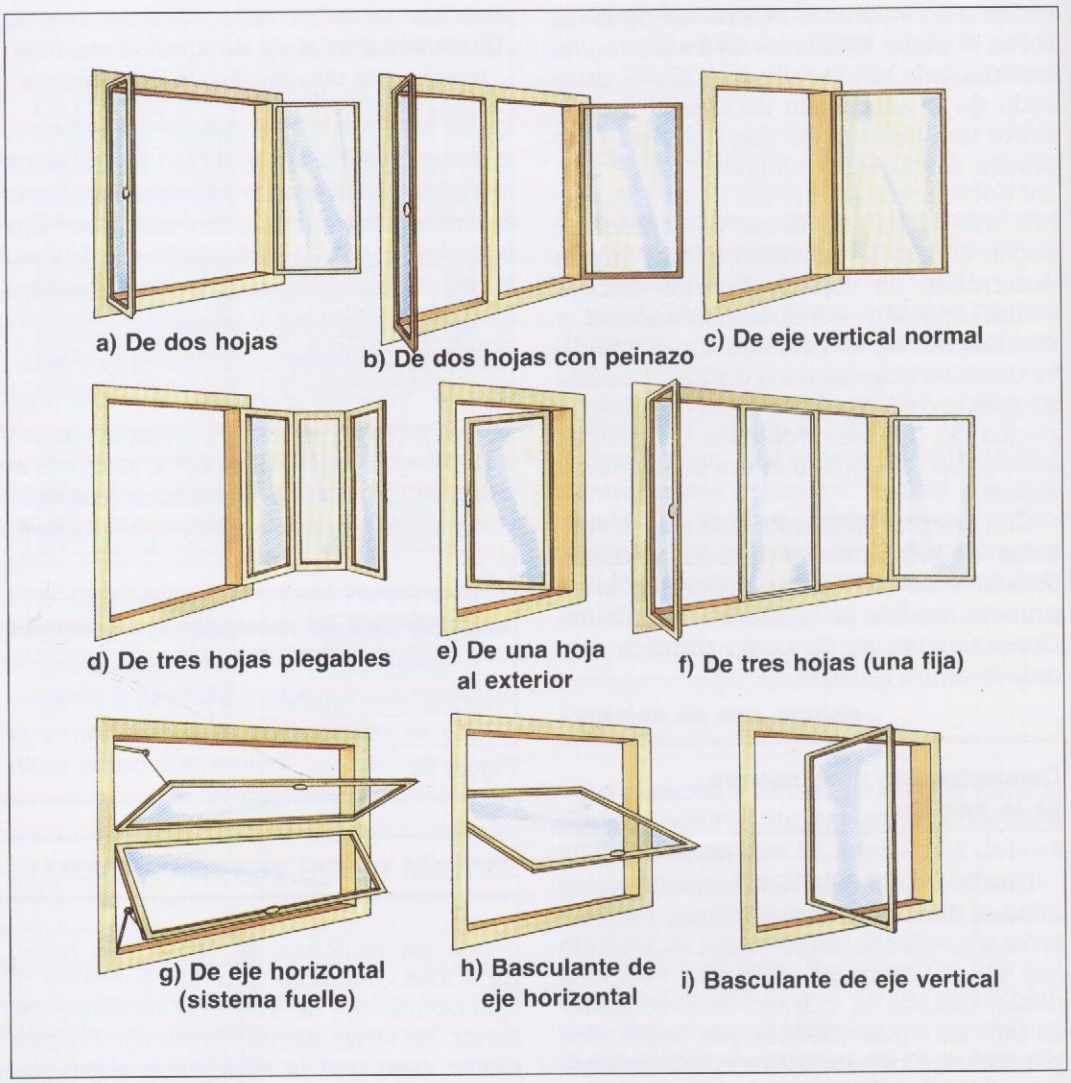


Figura 56

acopladas a otras unidades de ventana. Tienen la hoja fijada con bisagras y se abren en sentido descendente o ascendente *(figura 56 g)*.

SISTEMA BASCULANTE DE EJE HORIZONTAL Y VERTICAL

En estas ventanas las hojas practicables se mueven en torno a pares de pivotes con giro alrededor de un eje horizontal o vertical, pudiendo ser reversibles para su limpieza. En las de eje horizontal, para lograr que la hoja quede equilibrada en todas sus posiciones los pivotes deben ir colocados en el centro de los largueros de bastidor, lo cual determina la necesidad de que el pivote sea de eje centrado y la de disponer de tapajuntas para evitar el paso de la lluvia.

Si se llegaran a utilizar pivotes de eje descentrado, es recomendable ponerlos hacia el interior de la hoja para que, de este modo, queden protegidos de la intemperie *(figura 56 h)*.

En las ventanas de pivote horizontal es más fácil conseguir una buena hermeticidad, no obstante, debido a la inevitable inversión de acciones entre la mitad inferior y la superior de este tipo de ventana resulta que una vez abierta entra en conflicto con las cortinas, y se pueden producir, además, desagradables corrientes de aire, aunque la ventana esté poco abierta *(figura 56 i)*.

SISTEMA DE ACCIÓN COMPUESTA

Son sistemas más bien recientes que se han desarrollado tanto para ventanas de madera como para ventanas de perfil metálico. Uno de estos ingenios es la ventana pivotante-deslizante, cuyo movimiento resulta de la combinación de dos movimientos coordinados, el giro alrededor de los pivotes y el deslizamiento de estos a lo largo de las guías.

Pero una de las más usadas por su diversidad de posiciones es la ventana giratoria-basculante, que consta de una

Figura 57

hoja que va dotada de un dispositivo semejante a la falleba, pero dentro del bastidor, accionado con la manivela de apertura, que en determinada posición actúa sobre los ejes de giro vertical sacando los pernios de su alojamiento e introduciendo al mismo tiempo los ejes de los pernios del giro horizontal en su alojamiento, y en la posición contraria de la manivela saca los que había introducido e introduce los que había sacado *(figura 57)*. Así, la hoja de la ventana giratoria-basculante actúa articulada en dos perfiles del marco, y las posibilidades de controlar la ventilación son numerosas.

Características constructivas para las ventanas de exteriores

Las características constructivas de las ventanas para interiores no las explicitaremos, ya que son una simple aplicación de las puertas vidrieras. En cambio, diremos que cuando una ventana está expuesta a exteriores se deberán emplear maderas resistentes, como el pino melis, el pino oregón o el roble.

Las uniones serán muy parecidas a las que se usan para la construcción del bastidor de la hoja de las puertas, es decir, uniones de caja y espiga o a inglete.

Cuadro III

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS BÁSICOS PARA LA ABERTURA DE VENTANAS

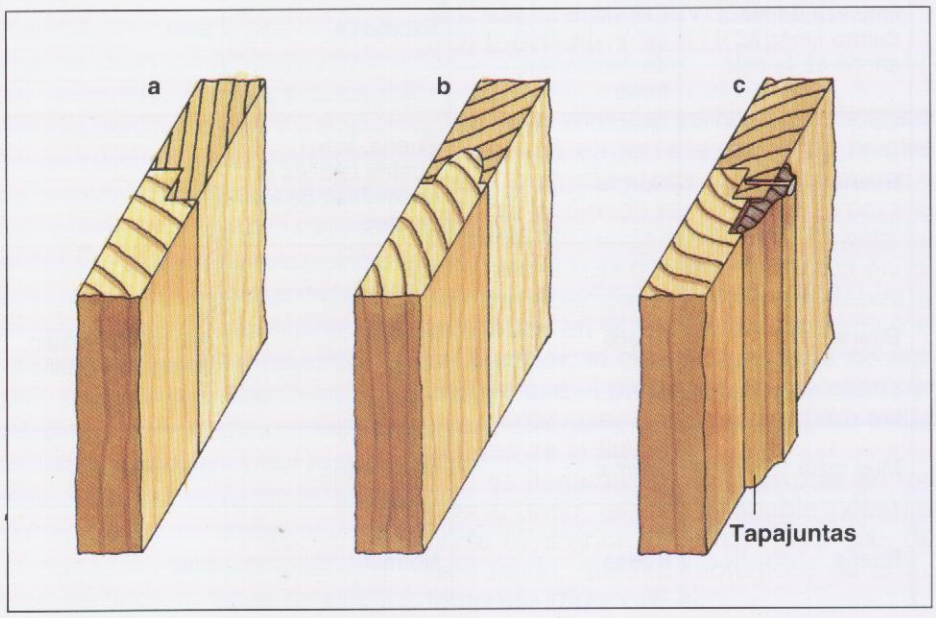
Tipo de sistema	Compatibilidad con persiana exterior	Compatibilidad con cortina o persiana interior	Limpieza exterior desde el interior	Posibilidad de controlar la ventilación	Estanquidad	Coste relativo
Fija	Problemas de limpieza de la persiana exterior	Muy buena	Imposible	Sólo por medios mecánicos	Total	Muy bajo
Dos hojas abertura hacia dentro	Buena	Mala	Buena	Incómoda, si el tamaño de la hoja es grande. Conviene dotarla de un dispositivo de ventilación, freno	Muy buena	Bajo medio
Dos hojas abertura hacia fuera	Mala	Muy buena	La facilidad de limpieza desde dentro limita el ancho de la hoja	Incómoda si la hoja es grande. Conviene dotarla de un dispositivo de ventilación, freno	Excelente	Bajo
Pivotante, eje vertical	Mala	Mala	Buena	Normal	Buena, salvo puntos débiles en proximidad de los pivotes	Medio
Pivotante, eje horizontal (basculante)	Mala	Mala. Buena para doble ventana con persiana incorporada en la cámara	Buena	Buena	Buena	Medio. Alto, para el caso de doble ventana
Abisagrado superior abertura hacia fuera	Mala	Muy buena	Muy mala	Normal	Muy buena	Bajo medio
Abisagrado inferior abertura hacia dentro	Mala	Mala	Buena	Buena	Normal	Bajo

Figura 58

Con respecto a la escuadría se puede decir, en términos generales, que el armazón (doble, uno para cada hoja) será de 45 a 64 mm de grueso. El ancho de los largueros variará, ya que habrá tres de 90 milímetros y uno (el inferior) de 110 mm; las traviesas serán de 90 mm, las superiores, y de 145 mm a 175 mm las inferiores. Las barretas serán de 27 × 30 mm si la ventana lleva postigos y serán menos gruesas si no los lleva.

Cuando se elige la madera para hacer una ventana ha de estar bien seca y estable en su grado de humedad, de otra forma, una vez instalada la ventana, se desajustaría. Si se emplean maderas de poca duración habrá que tratarlas. Al hacer el agujero de la ventana en la obra hay que tener en cuenta la luminosidad que quitan los marcos, bastidores y piezas intermedias. Las ventanas, aparte del bastidor acristalado, llevan otro bastidor interior o exterior de madera llamado postigo o contraventana, que sirve para cerrar el paso de la luz, el frío nocturno y proteger los cristales si el postigo va por fuera *(figura 58)*.

Figura 59



LAS JUNTURAS ENTRE DOS HOJAS

Cuando la ventana es de dos hojas, la unión entre éstas, llamada boca, se hace con rebajo a media madera en ambos largueros *(figura 59 a)* o labrando uno de los cantos a hembra y otro a macho, redondeado *(figura 59 b)*. También existe la posibilidad de poner el larguero en el marco empotrado (peinazo), que parte la ventana verticalmente y sobre el que se cierran los dos bastidores. Para conseguir un cierre más hermético se puede cubrir la juntura de la boca con un listón tapajunta, que podrá ser moldurado o no, el cual se fijará al larguero del bastidor que se abra primero *(figura 59 c)*.

JUNTURAS EN UNA VENTANA QUE ABRE AL EXTERIOR

La eliminación del agua en este tipo de ventanas es de suma importancia, por lo que es imprescindible un adecuado diseño de carpintería basado en una serie de barreras que hagan difícil la posible entrada del agua al interior. En ventanas que se abren al interior, son más complicados los sistemas de protección contra la intemperie.

Son más aconsejables las secciones con aristas vivas que con formas redondeadas, ya que las primeras muestran una mayor eficacia para atajar la progresión del agua por capilaridad hacia el interior.

En la *figura 60* podemos ver mediante un corte vertical de una ventana con doble cristal cómo los rebajos del marco se han realizado por la cara exterior, mientras que las molduras han quedado en la parte interior.

JUNTURAS EN UNA VENTANA QUE ABRE AL INTERIOR

Los cierres entre el marco y el bastidor de la ventana tendrán que ser ajustados para que la impermeabilidad con respecto al exterior sea la máxima posible, razón por la cual el diseño del vierteaguas es de suma importancia.

Analizando una ventana de una hoja (y un vidrio) con sistema tradicional de eje

Corte vertical de una ventana que abre al exterior y con doble cristal

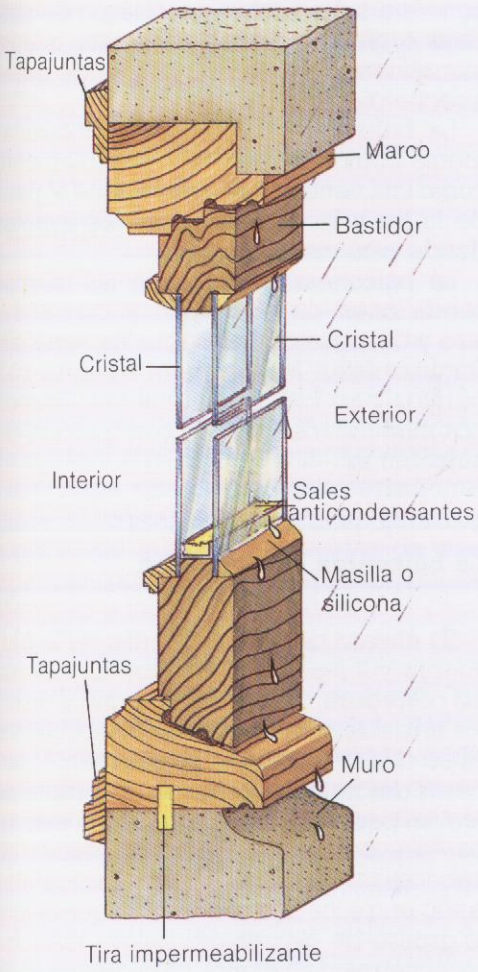


Figura 60

vertical, donde los ensambles de los largueros con la traviesa se han hecho a espiga y a caja abierta, con una traviesa inferior más ancha de tal manera que se pueda facilitar la instalación del sistema de vierteaguas *(figura 61)*, se podrá ver que lo esencial es disponer de un espacio vacío o cámara de descompresión entre los perfiles del marco y el bastidor, que, debido al ensanchamiento brusco de la zona de posible paso del aire, haga que el flujo de aire que presiona la ventana pierda velocidad y disminuya su capacidad de introducir el agua de lluvia.

A fin de facilitar la evacuación del agua de lluvia se debe tener un sistema de drenaje, con colectores de una anchura de 10 a 12 mm como mínimo y una profundidad de 15 mm, con una pendiente de evacuación adecuada y su boca de salida al exterior protegida del viento.

Se ha comprobado que la sección oval de estos conductos de evacuación es mejor que la circular.

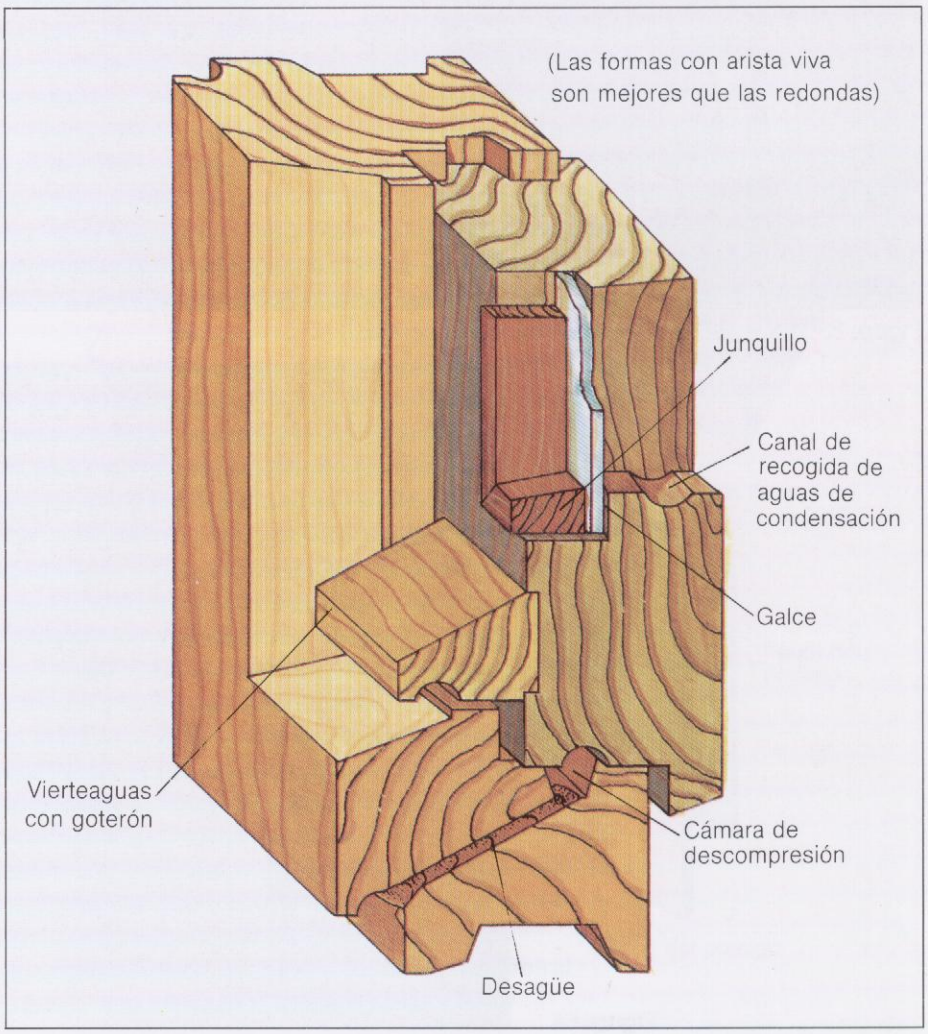
Acabados y protección de una ventana

El acabado superficial de las ventanas se enfrenta con tres factores fundamentales: el sol, que hace resquebrajarse la protección superficial y las uniones; los hongos e insectos, que producen zonas de deterioro, y la humedad. De este modo, la elección de barnices y pinturas deberá tener en cuenta los aspectos climáticos, muy especialmente los relacionados con el soleamiento.

Como protección superficial se usarán pinturas claras, por tener un mayor índice de reflexión; las opacas, al formar una capa continua de impermeabilización, se comportan mejor, pues contrarrestan más eficazmente los efectos agresivos del clima (e incluso se comportan mejor que los barnices).

Para un adecuado mantenimiento hay que considerar que los ventanales barnizados deberán ser repasados cada uno o tres años, mientras que los de pintura opaca, cada cinco o seis años. En cualquier caso, si es posible, la ventana de madera debería quedar al abrigo de la

Figura 61



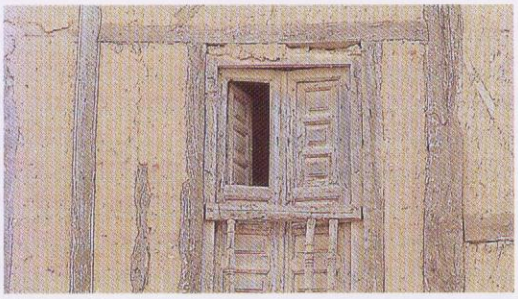


Figura 62

intemperie, de la lluvia en exceso y del sol, puesto que en definitiva todos estos agentes anularán los mecanismos de ajuste al deformarse los marcos y batientes *(figura 62)*.

HOJAS DE BALCONERAS

Las balconeras son puertas acristaladas en la mayor parte de su superficie, que van en el hueco de un edificio, abierto desde el suelo de la habitación que da hacia el exterior y que desemboca en una barandilla. En algunos casos dan a una galería abarandada o acristalada *(figura 63)*. Por extensión, se llama también balconera a la estructura o armazón de madera o de hierro que lleva este hueco, manteniendo el acristalamiento de suelo a techo *(figura 64)*.

La balconera se comporta mecánicamente como una puerta y sensiblemente como una ventana, ya que permite el paso de la luz y la ventilación de los recintos donde está instalada.

La balconera debe reunir las mismas condiciones de seguridad y cierre del aire y del agua de lluvia que las ventanas. Regularmente la balconera funciona con pernios y se cierra con fallebas. Existen dos modalidades para la construcción de balconeras:

Figura 63

La balconera de corredera

Es el caso donde las puertas de la balconera y los postigos van con un sistema de corredera, de tal manera que al estar los cristales completamente descubiertos estas dos "tapas" van incluidas en el espesor del muro, el cual estará constituido (en la parte correspondiente al marco) por dos cercos, uno exterior (duella tapabocas) y otro interior de tabique, dejando entre los dos el espacio equivalente al grueso de la hoja del balcón más dos centímetros de holgura para que no roce con la pared o el tabique. En la *figura 65 a* podemos apreciar cómo se encuentran las diferentes hojas de una balconera de dos bastidores, en el momento de estar cerrada.

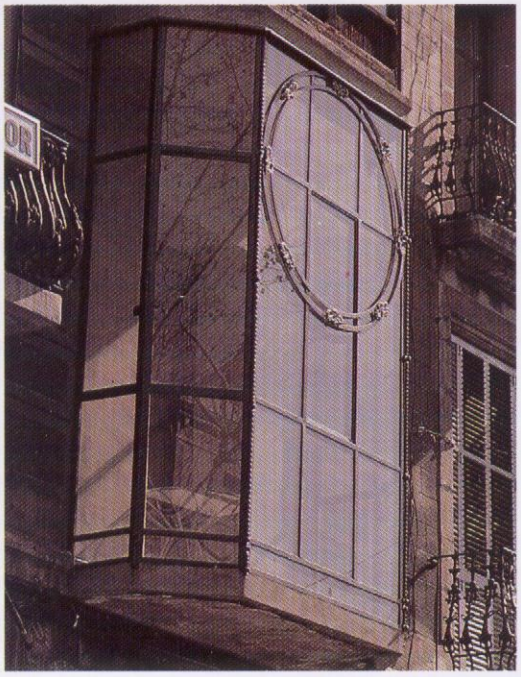


Figura 64

La balconera sencilla

Consta de panel o plafón, desde el travesaño bajo hasta el peinazo o antepecho, es decir, que de 60 a 70 cm son ciegos y el resto se encuentra completamente vidriado o dividido por barretas hasta la traviesa superior. Generalmente, este balcón está compuesto de dos hojas con postigo. Cada hoja del balcón está formada por dos largueros y tres traviesas. Los postigos están formados por un armazón con dos paneles.

En la construcción de la balconera hay que advertir que el acoplamiento del postigo, tal como se puede observar en el corte de la *figura 65 b*, es a base de contramoldura y las fallebas se han colocado a medio embutir.

Las barretas van ensambladas a tope con el armazón, pues tienen que ser de menor grueso que éste.

Tanto en la balconera corredera como en la sencilla hay que disponer de un sistema de vierteaguas muy eficiente que pueda drenar hacia una superficie inclinada, como generalmente tienen las galerías y los suelos exteriores a los cuales van a dar estas aguas.

PERSIANAS

Las persianas suelen colocarse en las ventanas para controlar los flujos de aire y así proteger los cristales, como también para regular la entrada de luz natural. La persiana como estructura es un armazón de madera parecido en sus dimensiones a la ventana, que cuando está cerrado recubre el cristal; su superficie tiene un conjunto de tablillas dispuestas de manera que, por su tipo de articulación, se hace más o menos permeable.

La situación de las ventanas está destinada en los huecos que dan al exterior del edificio, en donde se embuten las ventanas, balconeras y puertas. Por lo tanto la medida de la persiana está en directa relación con las dimensiones de estos elementos. En la *figura 66* se muestra un conjunto de ventanas, cuya superficie queda completamente cubierta por las persianas.

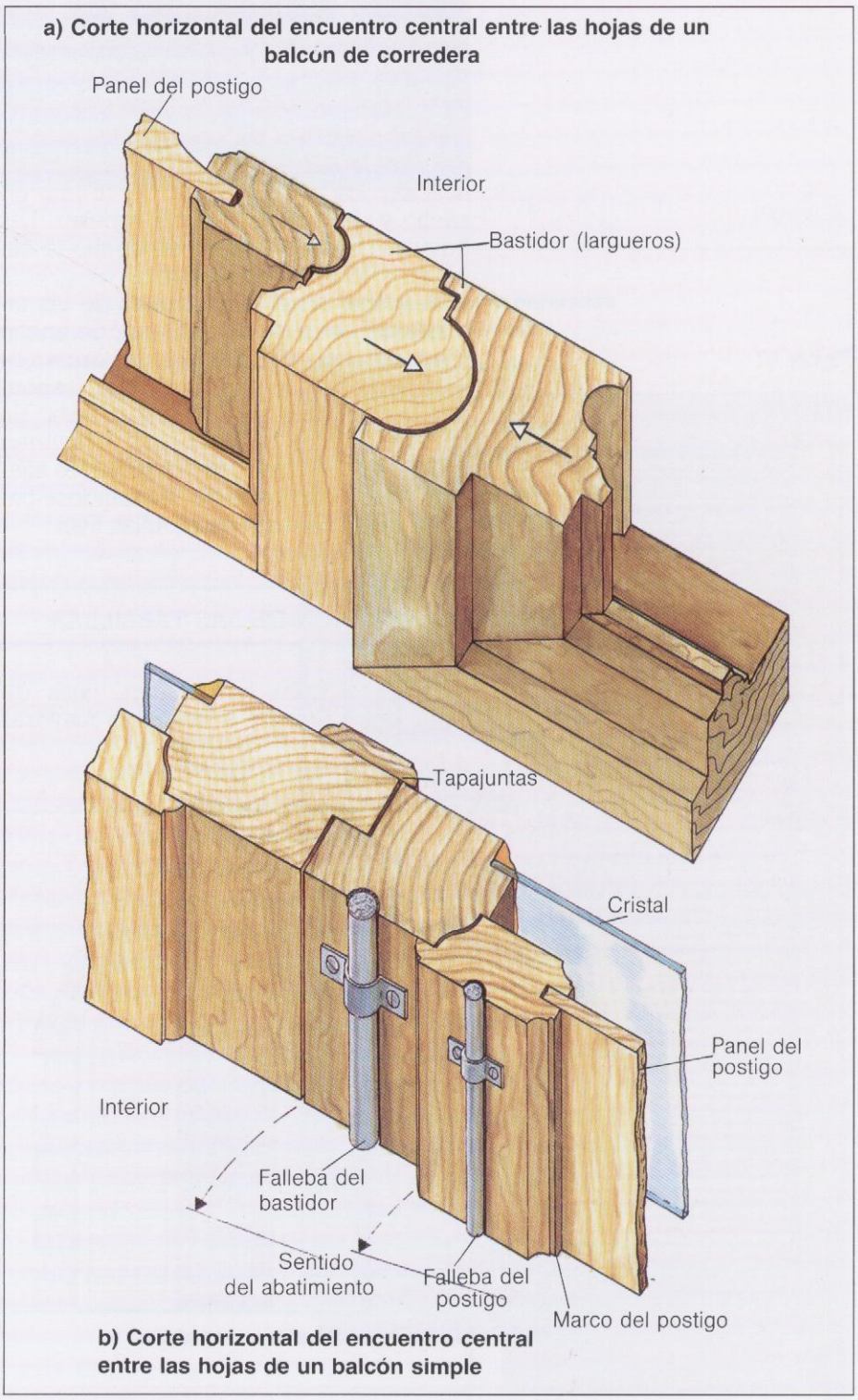
Existen básicamente dos sistemas de accionamiento en las persianas: uno basado en un eje vertical normal que está formado por una o más hojas, practicables con bisagras y goznes entre otros mecanismos, que determinan que las persianas sean de tablillas fijas (un bastidor con una serie de tablillas más o menos inclinadas) o de tablillas móviles. El otro sistema de accionamiento es el enrollable, donde las persianas se deslizan por guías y se enrollan en la parte superior del vano, en un tambor, ya que las tablillas o lamas están trabadas unas con otras por medio de articulaciones metálicas. La persiana de la *figura 66* es de este tipo.

Persianas de tablilla fija

Es un bastidor, como el de una ventana, que lleva en su interior un conjunto de tablillas inclinadas, según una pendiente adecuada para la ventilación e inadecuada para la entrada del agua *(figura 67)*. Es muy común que las balconeras o puertas que den a un jardín o terraza tengan una persiana de tablillas fijas que, aunque no sea de seguridad extrema, protege los cristales del viento y de la lluvia.

En la *figura 68 a* se muestra una persiana de tablillas fijas de dos hojas; cubriendo un dintel de balconera de medio punto, la fijación de la persiana, que da al exterior, se ha hecho mediante goznes que permiten que ambas hojas, al abrirse, queden abatidas completamente contra la pared. En este caso vemos cómo la persiana se ha adaptado en su configuración al dintel curvo, con lo que se asegura una mayor estanquidad entre la persiana y el marco de la balconera.

Figura 65

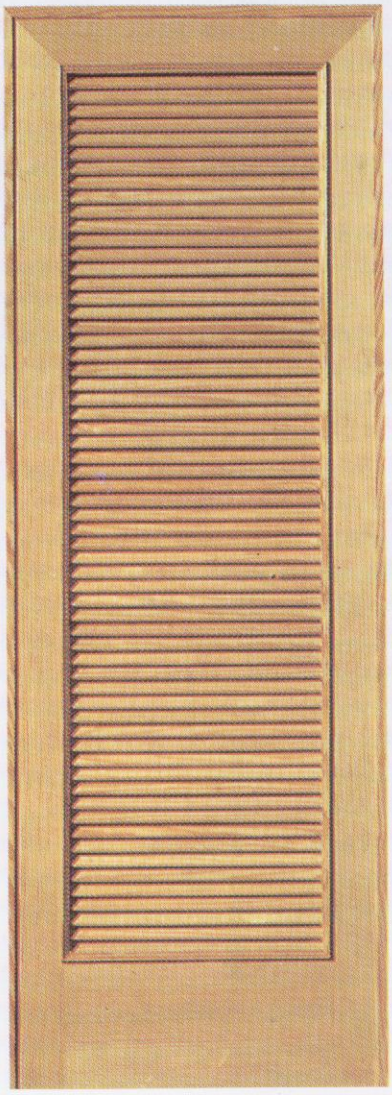


a) Corte horizontal del encuentro central entre las hojas de un balcón de corredera

b) Corte horizontal del encuentro central entre las hojas de un balcón simple

Figura 66

Figura 67



Las escuadrías de este tipo de persianas suelen ser como se detallan a continuación: los largueros son de 70 mm de ancho y de 35 a 45 mm de espesor. Las traviesas son de 90 mm de ancho la superior y 150 mm la inferior.

Respecto a las dimensiones de las tablillas, tendrán de 50 a 70 mm de ancho (dependiendo del espesor del armazón) y 10 mm de espesor, con perfil redondeado o angular según corresponda. En el caso de que las persianas estuvieran aplicadas a un marco muy alto, se les añadirán una o más traviesas, formándose paños independientes de tablillas fijas.

COLOCACIÓN DE LAS TABLILLAS

La separación que tienen, unas de otras, con respecto a las caras mayores inclinadas son de 15 a 30 mm, que, colocadas entre las dos traviesas y a una inclinación de 45°, generan una textura aserrada, donde las tablillas quedan hacia abajo y hacia fuera, de modo que el agua de lluvia escurra. La distancia entre los cantos de las tablillas tiene que ser tal que, si trazamos una línea horizontal imaginaria por la arista inferior de una de ellas, también pasará por la arista superior que le sigue.

En la *figura 68 b* se puede ver cómo las tablillas quedan rasantes con el armazón, mientras que en la *68 c* las tablillas son más angostas que el ancho del bastidor. En estos dos ejemplos se puede apreciar cómo la traviesa tiene una inclinación igual a la de las tablillas en su canto inferior, mientras que a la traviesa central se le da esta pendiente, tanto por arriba como por abajo, cuidando que la espiga tenga el máximo de espesor.

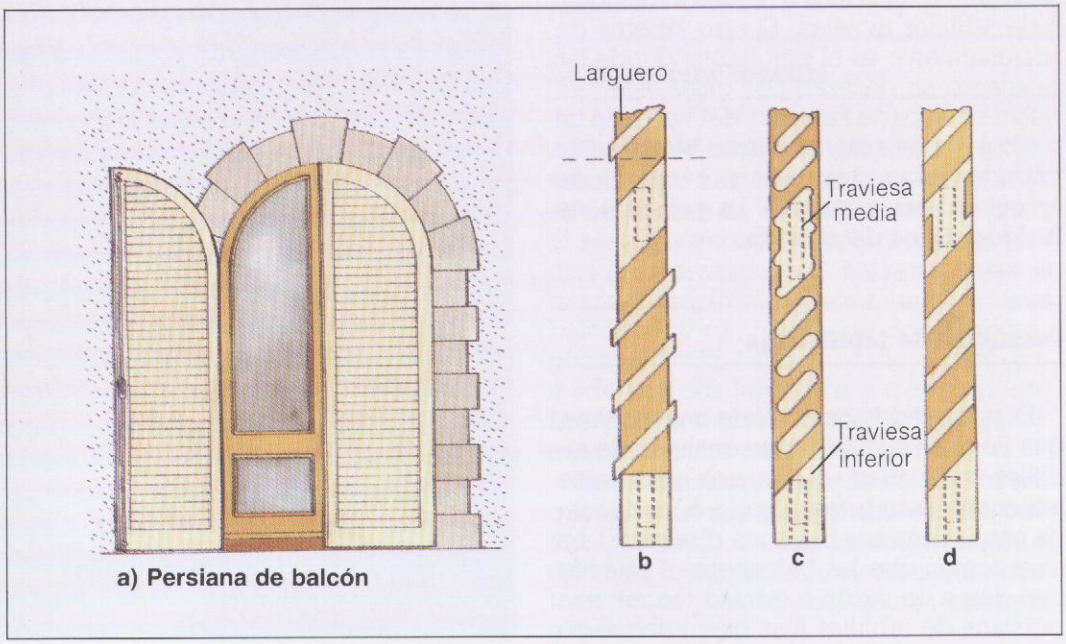
En la *figura 68 d* la traviesa superior queda plana y tocando la primera tablilla, que al igual que el resto sobresale para lograr una mejor evacuación del agua de lluvia.

Para fijar las tablillas a los largueros se hacen las entalladuras correspondientes, usando cola y puntas.

Las tablillas rasantes se colocan, sin retocar, una vez trabado el armazón, y a continuación se les quita el sobrante, procediéndose a pulirlo todo. En el caso de las tablillas que sobresalgan del armazón, antes se les da a los cantos su inclinación para colocarlas posteriormente.

Por último, tratándose de las tablillas redondeadas, se les da su perfil antes de ser montadas en los largueros, en el momento de montarse todo el armazón.

Figura 68



a) Persiana de balcón

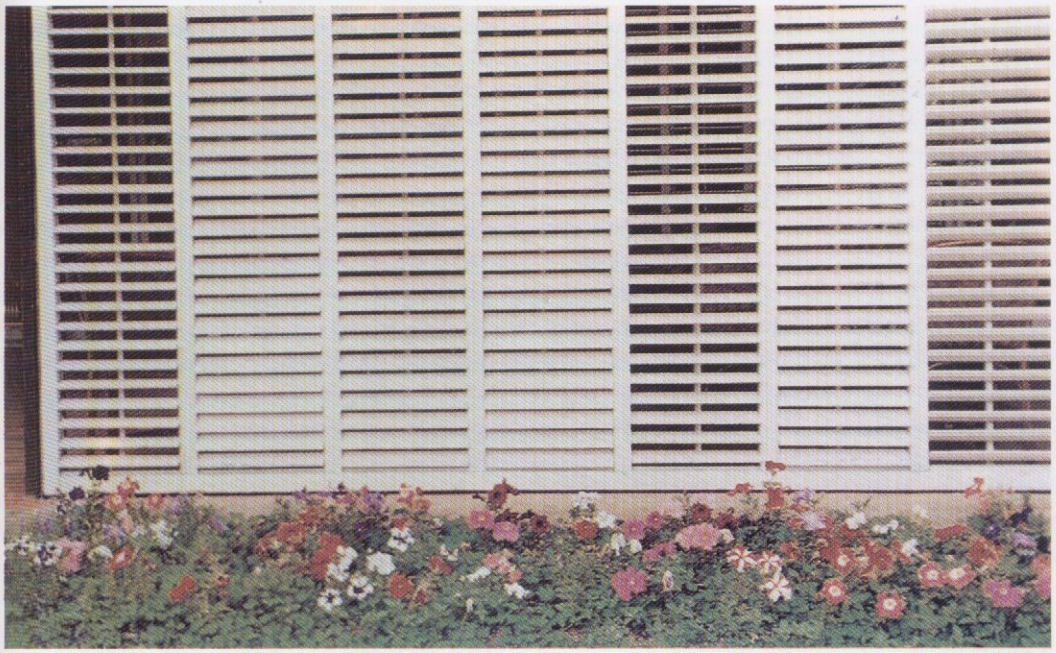


Figura 69

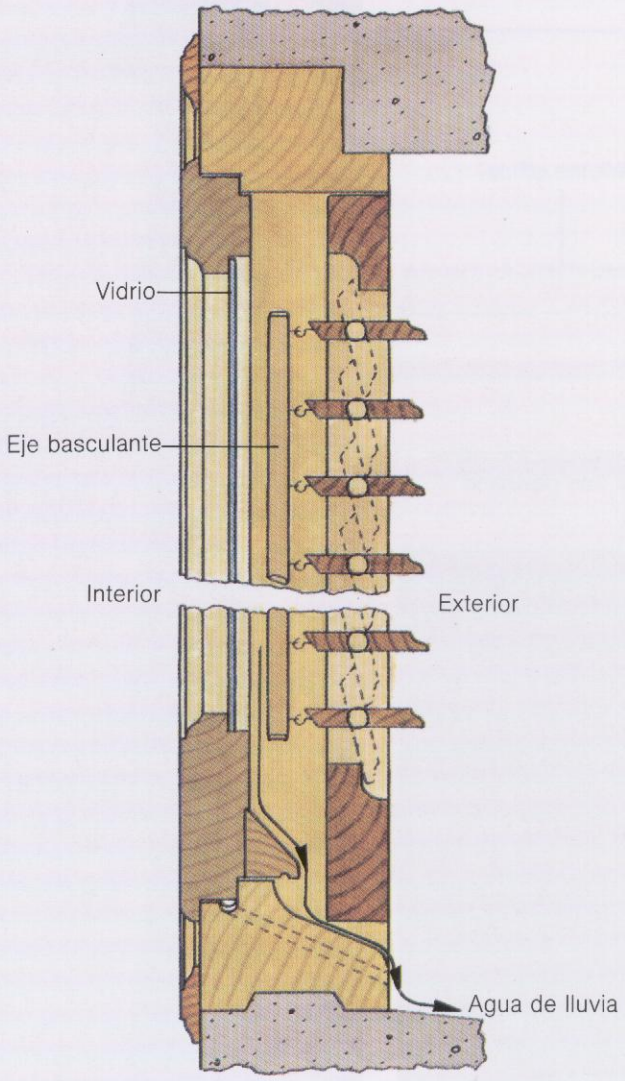
Figura 70

Persianas de tablilla móvil

Estas persianas, también llamadas de listones, tienen un sistema de librillo, en el que todas las tablillas están insertas en un marco de tapabocas, a través de bisagras de eje desmontable. En la *figura 69* se puede apreciar la instalación de persianas de tablilla móvil para exteriores, donde se puede regular por separado (entre largueros) cada paño vertical de persianas, mediante un eje vertical que acciona simultáneamente todos los listones o tablillas. Dichas piezas se preparan, en su sección, haciéndoles una moldura en el canto que da al exterior, con el fin de obtener en el momento de cerramiento una terminación rasante con el bastidor y entre los listones, de modo que el agua de lluvia pueda escurrir de manera continua. Las tablillas se encajan en los largueros por medio de una espiga redonda de unos 15 mm de diámetro, que se habrá insertado en sus extremos.

La espiga que hace bascular la tablilla no se coloca exactamente en su punto medio, sino que se descentra un centímetro hacia el interior, de modo que la guía vertical, en el momento de articular el movimiento del conjunto de lamas, no produzca un giro hacia el interior de la ventana sino todo lo contrario, con lo que se asegura la buena posición de las piezas contra la intemperie. En la *figura 70* se expone un corte en donde se distingue en todas sus partes el mecanismo basculante de este tipo de persianas. Nótese que el bastidor de la persiana en su traviesa inferior no toca el marco inferior, tipo vierteaguas, de la ventana, de modo

Corte vertical de unas persianas de tablillas móviles



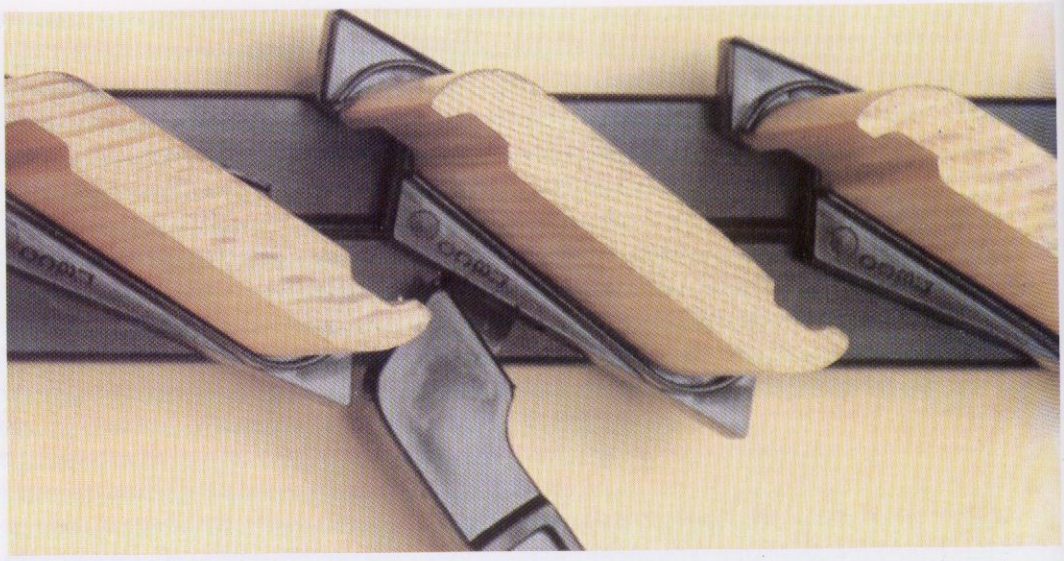
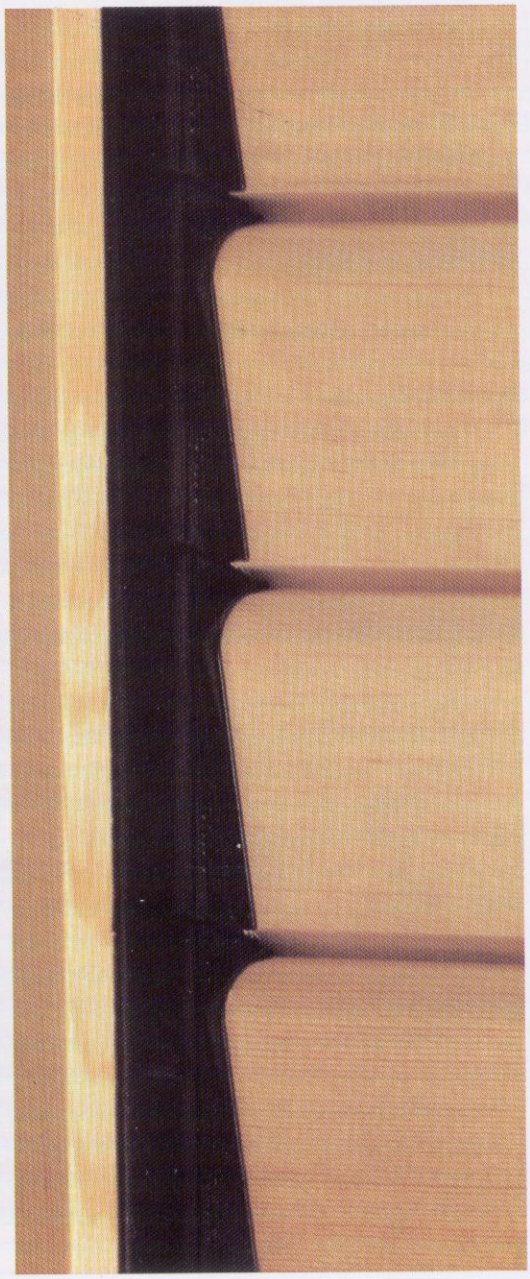
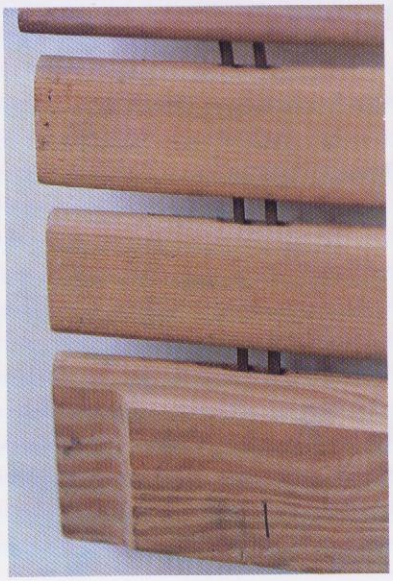


Figura 71

Figura 72



Detalle de la articulación entre las tablillas de una persiana enrollable



que el agua de lluvia que pueda introducirse por la acción del viento podrá escurrir y ser drenada sin el menor inconveniente.

El listón que hace de eje accionador del movimiento es de una escuadría aproximada de 20 × 20 mm, y la unión entre esta pieza y los listones se podrá hacer con dos cárcamos, uno cerrado y el otro abierto para después de toda la instalación ser cerrado con unos alicates.

Actualmente, el sistema de las persianas articuladas ha evolucionado bastante, lográndose una mejor solapación entre una tablilla y la otra, ya que se han elaborado perfiles de contacto, como los que se muentran en la *figura 71*, con un encaje totalmente hermético y estanco respecto a la lluvia y el viento.

Otra de las características que se pueden apreciar en la *figura 71* es la inserción del aluminio como montante entre el bastidor y las láminas de madera. Dicha unión de materiales no evita que en el momento en que las láminas estén cerrando la persiana le den un aspecto de acabado tradicional de láminas fijas, con una mínima presencia del material no leñoso *(figura 72)*.

Persianas de tablillas enrollables

Estas persianas tienen la característica de graduar la luz y el aire, cerrar y abrir un vano, efectuando dichas maniobras desde el interior de un recinto sin necesidad de abrir ventanas.

Son persianas de una sola hoja, articulada por varias tablillas, y tienen un mecanismo que permite enrollarlas en un cilindro que está situado en la parte superior del vano de la ventana.

Figura 73

En los huecos donde están instalados dichos mecanismos son innecesarios los postigos, ya que en cierta medida este tipo de persianas sirve bastante bien como elemento de protección, si las tablillas son de la escuadría conveniente *(figura 73)*.

Uno de los factores importantes en la factura y cálculo de una persiana enrollable es saber la relación que hay entre el diámetro de la persiana totalmente enrollada y la altura de la ventana que hay que cubrir. También influirá en esta relación el diámetro del eje en el cual se enrollan las tablillas como también el ancho y grueso de éstas. Para comprender mejor este vínculo dimensional podemos examinar los datos que se incluyen en el *cuadro IV*.

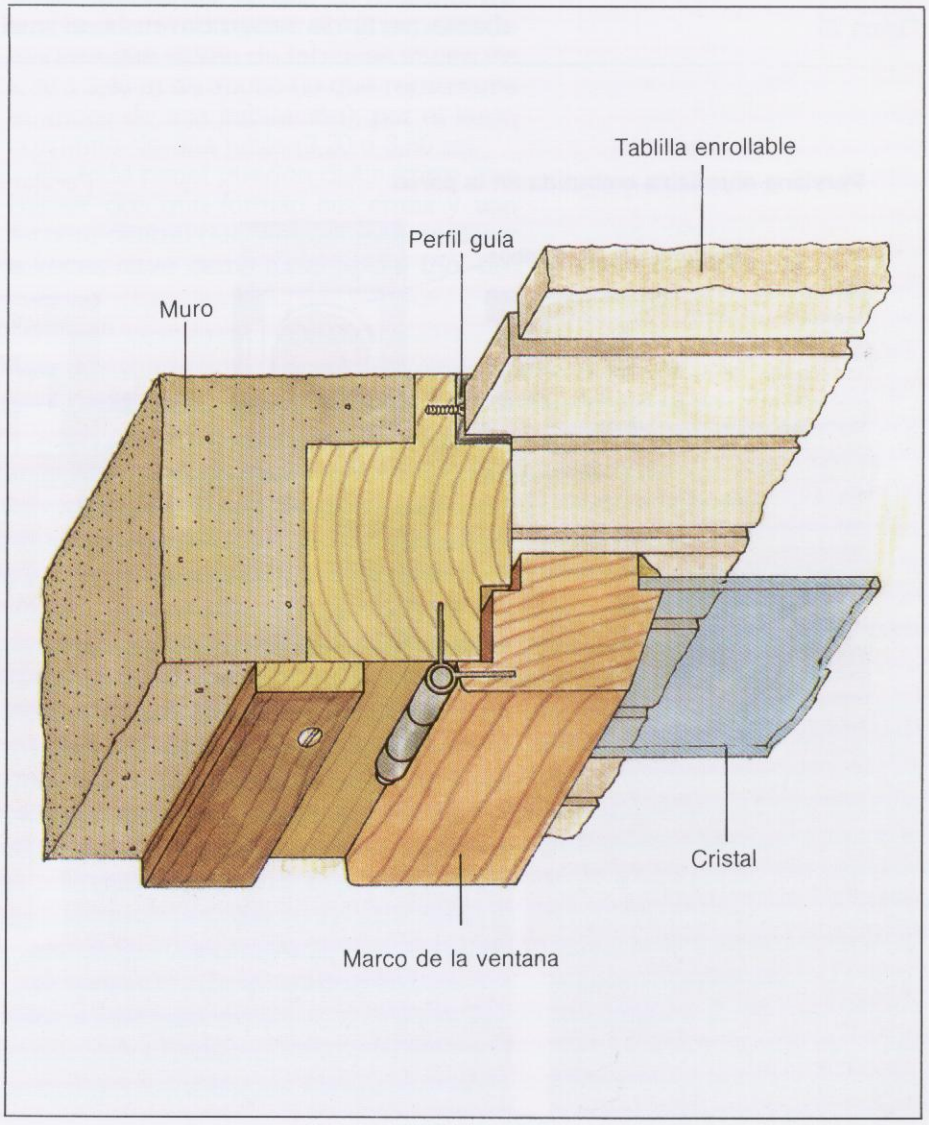
Si la persiana va pintada se añade un centímetro de diámetro por cada metro de altura.

Para efectos de la instalación se debe tener en cuenta que la altura del hueco en que se coloca el eje que enrolla la persiana debe tener 12 cm más que el diámetro de la persiana guardada.

Altura de la persiana en cm	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	350	400
Diámetro de la persiana arrollada en cm	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	32	34

Cuadro IV

Figura 74



MARCO PARA PERSIANA ENROLLABLE

Este tipo de marco lleva en su parte superior, es decir, sobre la traviesa más alta, un marco menor que cumple la función de sostener la tapa que cubre el receptáculo del tambor que contiene la persiana enrollada.

La escuadría del marco tiene unas dimensiones medias de 70 × 95 mm, los largueros y las traviesas tienen un ancho de más o menos 70 mm y su espesor depende del tipo de canal o perfil que se aloje

en estas piezas, que a su vez dependen del espesor de las tablillas articuladas que circulen por él.

En los cantos interiores de los largueros se hace un canal o rebaje igual al perfil de hierro en U, de manera que la persiana se pueda deslizar sin ningún problema *(figura 74)*.

Marco para persiana embutida

En la *figura 75 a* se puede ver una persiana que está completamente contenida en el espesor de la pared, incluyendo el receptáculo para el tambor que enrolla la persiana.

Los largueros del marco que forman el hueco para la ventana se han prolongado para constituir a su vez el marco de la caja del tambor.

La altura del marco de la caja que contiene el tambor enrollado es equivalente al diámetro de la persiana guardada, más 6 cm de margen a cada lado.

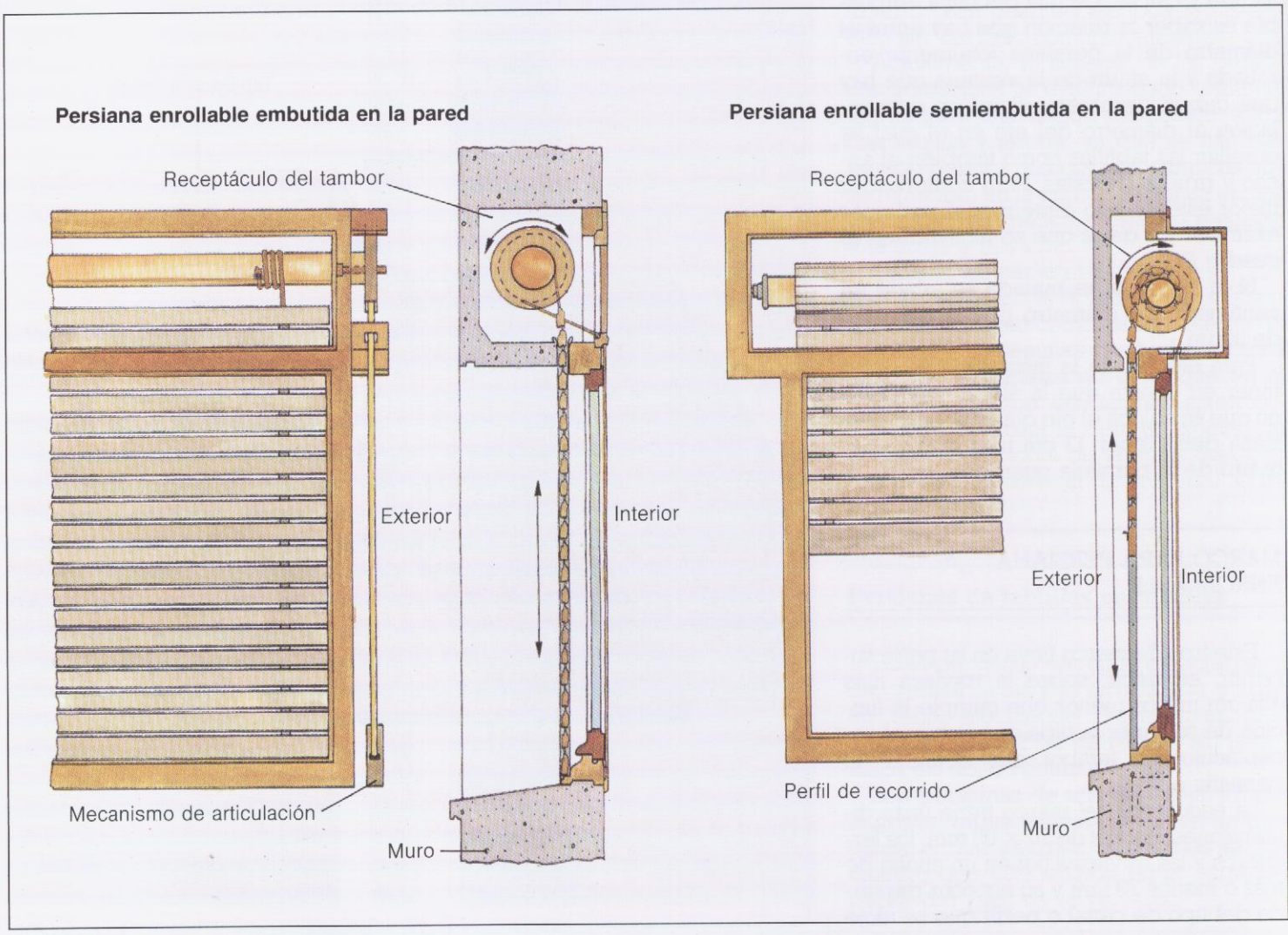
En la *figura 74* se muestra el corte de un larguero de marco con su correspondiente perfil de recorrido en U, el cual puede ir embutido o sobrepuesto si la sección del larguero es de poco espesor, con lo cual se disminuye el ancho de la persiana.

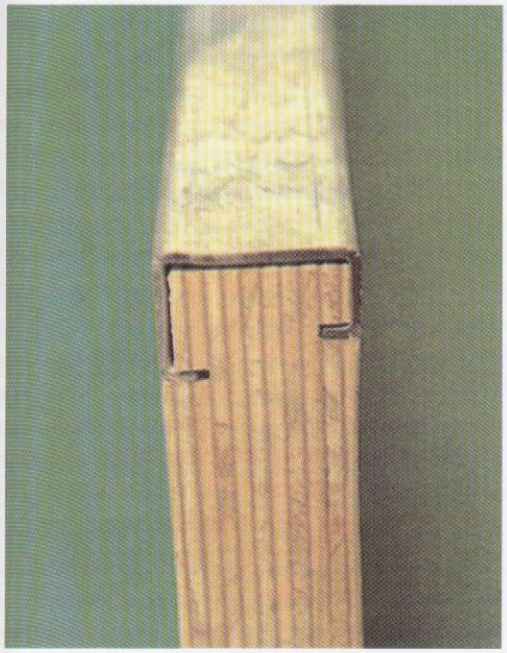
Marco para persiana semiembutida

En la *figura 75 b* se ve el caso de una persiana instalada en una pared de 15 cm, en la cual no es posible embutir todo el mecanismo de plegado para este tipo de persiana. El hueco para el alojamiento de la persiana está situado entre la pared y una caja de madera, que va sujeta al marco mediante tornillos, apareciendo como una protuberancia rectangular que tiene que ir debidamente protegida ante la intemperie; para ello se usan perfiles metálicos que puedan tapar, especialmente, la junta superior entre esta cornisa y el muro al cual va adosada.

Para la manufactura del marco se siguen las mismas condiciones del caso anterior, aunque el receptáculo superior tiene una longitud y una altura mayores que el largo del tambor y el diámetro de la persiana enrollada, respectivamente.

Figura 75





4 Carpintería prefabricada

Se denomina de este modo la carpintería de armar cuyo sistema está basado en la elaboración previa de algunos de sus elementos en el taller, lo que facilita su traslado y colocación en el terreno de la construcción.

El grado de prefabricación no llega a ser total, ya que esto sería propio de la vivienda prefabricada, pero se consideran elementos que al ser confeccionados en serie incrementan su exactitud, disminuyen su costo y favorecen una normalización que ayuda al cumplimiento de ciertas normas de seguridad. Se entiende, por tanto, la carpintería prefabricada como la producción en fábrica de elementos estructurales de mayor tamaño o de partes constructivas determinadas que antes se acostumbraban elaborar en el terreno. Por ejemplo, paneles de muro o de entrepisos completos, tramos de escalera, ventanas terminadas (marcos con bastidores, vidrios, persianas, herrajes y pintura), que se colocan en su sitio en el momento de levantar la albañilería o se insertan en el vano de un panel que ya se ha levantado.

En la *figura 76* se puede ver una escalera prefabricada, instalada en una caja de escalera de albañilería.

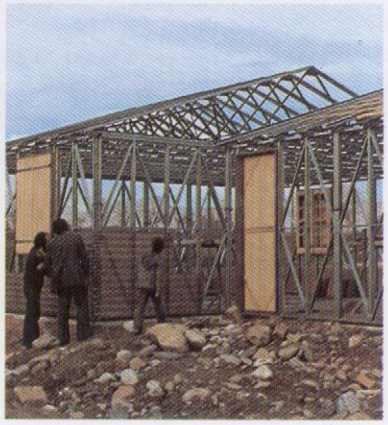
PANELES PREFABRICADOS

Estos paneles o tramos de muro, suelos o techos son de un tamaño relativamente grande, teniendo como único límite la posibilidad de ser transportados del lugar en que se construyen (fábrica o taller) al terreno definitivo en que se ha de armar la vivienda. Por lo general, los paneles de madera que sirven de tabiques miden de 2,30 a 2,40 m de ancho (lo que representa el ancho de una habitación), por el largo corriente de una tabla (3,20 o 3,60 m).

En todo panel pueden distinguirse tres partes: dos que forman sus caras y una tercera central que las mantiene unidas y a veces sirve como aislante del frío, del

Figura 76

Ventanas y puertas prefabricadas sobre estructura metálica



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 3

calor y del ruido. Esto se logra con la unión de tres capas de materiales *(figura 77 a)* o formando el conjunto a base de un bastidor o entramado central *(figura 77 b)*.

En el primer grupo se juntan o pegan con adhesivos dos planchas en ambas caras de una tercera.

La industria contemporánea produce una enorme variedad de láminas o planchas, con diversas propiedades y costos, de modo que las combinaciones que pueden hacerse son muy numerosas; este es el caso del panel tipo *sandwich*, constituido por tres capas unidas de diferentes materiales, donde las exteriores soportan los principales esfuerzos de tracción y compresión al curvarse o alabearse el panel, y la capa intermedia hace con frecuencia el papel de aislante, sin tener ninguna resistencia a las solicitaciones mecánicas a las que puede estar expuesto el panel, por lo que las dos capas exteriores serán las resistentes.

El panel prefabricado de madera aglomerada tiene la característica que sus caras están constituidas por capas más finas.

También existe el panel llamado placa carpintera, constituido por dos láminas de madera terciada, separadas entre sí por listones de madera blanda como puede ser el pino.

Hay un panel llamado "panal de abejas" que presenta como particularidad un alma estructurada por una malla de hexágonos sobre la que se pega el tablero aglomerado.

En el caso de que el panel tenga un bastidor o armazón plano de madera, este marco estará en una o ambas caras revestido por tablas machihembradas o planchas de madera prensada. A este bastidor se le dará un espesor de no más de 8 cm, utilizando listones de 4 × 8 cm y hasta de 2 × 8 cm. Es frecuente que este panel tenga barras en dos direcciones, formando un cuadriculado, a unos 50 centímetros de distancia. Sus bordes tienen que ser estudiados para poder unir entre sí los paneles con facilidad en el terreno, por medio de pernos, a veces agregando un perfil especial para lograr un buen enlace con otros paneles o elementos estructurales de la obra.

Estos paneles podrán servir, en algunos casos, para revestimiento de suelos y cubiertas, cerrramientos para protección y

Figura 77

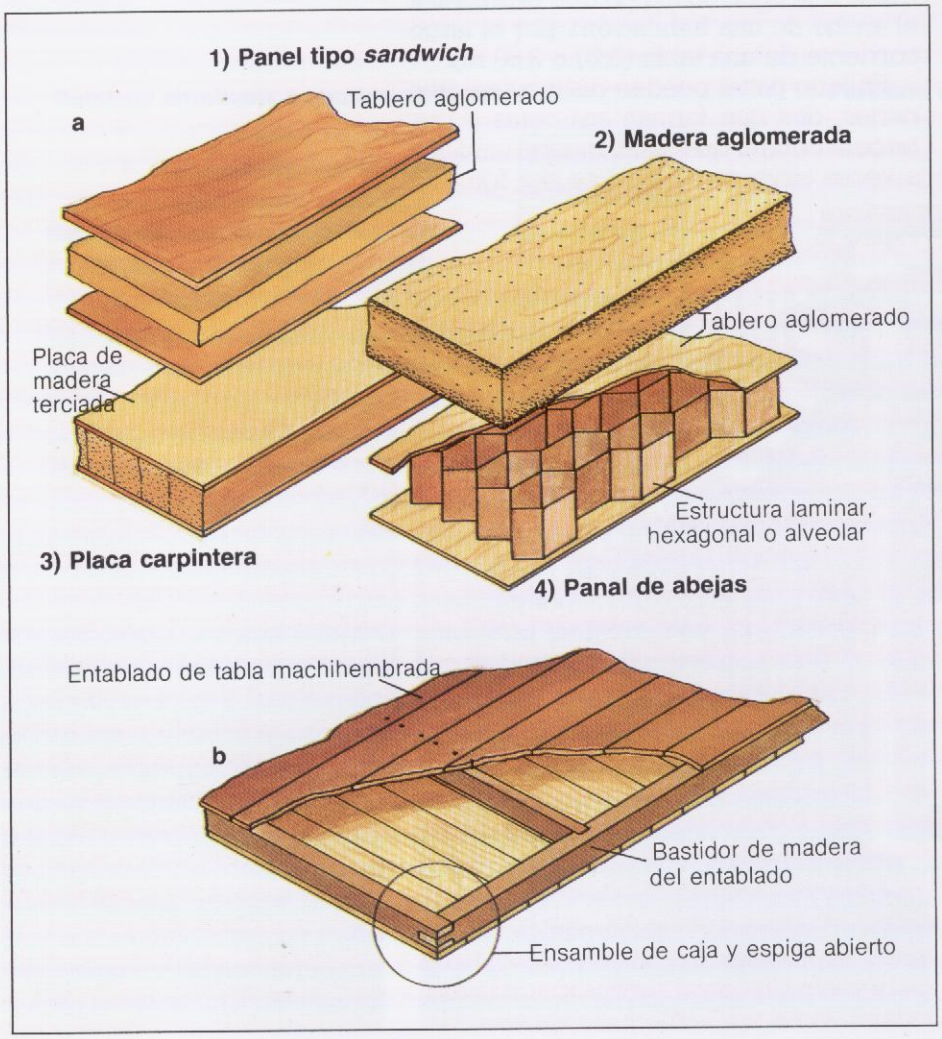
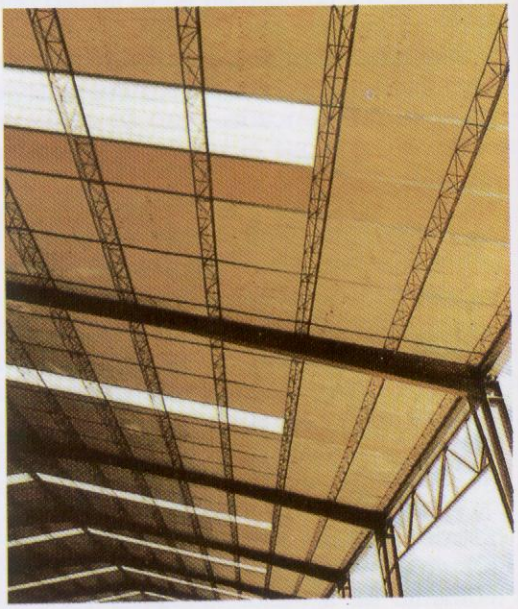


Figura 78



Medidas: 2 × 1,50; 2,50 × 1,22; 2,50 × 1,53				
Espesores (mm)	7	10 a 15	18 a 21	24 a 30
Densidad (kg/m³)		550	550	550
N.º de chapas	3	5/7	7/9	9/13
Tensión rotura flexión (kg/cm²)				
• Sentido longitudinal		600	550	530
• Sentido transversal		150	400	350
Módulo elasticidad (kg/cm²)				
• Sentido longitudinal		85.000	75.000	70.000
• Sentido transversal		20.000	40.000	35.000
Humedad-condiciones		85 % HR - 25 °C		Inmersión a 20 °C
Humedad-equilibrio		15 a 20 %		> 30 %
Alargamiento				
Largo-ancho (variaciones)		0,1 % a 0,15 %		0,15 % a 0,25 %
Espesor (variaciones)		3 % a 4 %		4 % a 5 %

Cuadro V

reparación en edificaciones. Es el caso del panel contrachapado fenólico sin recubrimiento superficial, muy apropiado para suelos y cubiertas de edificios y naves industriales, debido a su favorable relación de peso y características mecánicas *(figura 78)*. A modo de ejemplo, en el *cuadro V* aparecen algunas características físico-mecánicas del panel contrachapado fenólico.

PUERTAS PREFABRICADAS

Es uno de los primeros elementos de la carpintería de taller que se ha transformado en una pieza prefabricada. Su fabricación en serie y en medidas estándar ha permitido que la producción de puertas prefabricadas tenga un mercado que la solicita cada vez en un volumen mayor.

La clásica concepción de la puerta formada por paneles, molduras, bastidor y tallas diversas ha cambiado por la de una puerta plana, más liviana y en muchos casos con mejores características acústicas y térmicas que las constituidas por madera maciza, sin olvidar el menor costo al que se puede adquirir cualquiera de los sistemas prefabricados que a continuación se detallan.

Puerta con alma de viruta

Esta puerta tiene una estructura interior compuesta por viruta de madera que sirve como colchón térmico y acústico, y va entre dos hojas de tablero contrachapado; para distanciarlas y formar un espesor se coloca un marco de madera blanda e interiormente, según el tamaño de la puerta, algunas piezas de madera para mantener el grosor de la puerta.

Puerta con alma de listones

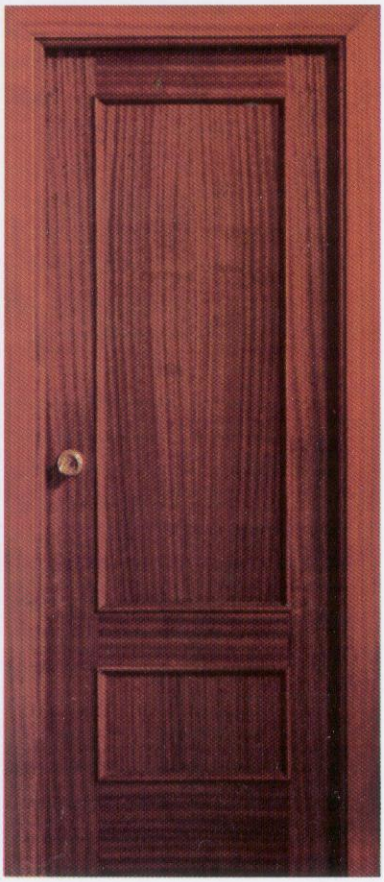
En este caso, el interior de la puerta está constituido por una serie de listones encolados con resina sintética y por chapas encoladas con el armazón intermedio, lo que garantiza la homogeneidad y estabilidad mecánica de toda la puerta; el bastidor, por tanto, es de la misma naturaleza que el listoneado, o se montan los listones en un marco de madera de modo que queden embutidos para dejar una superficie de contacto.

Puerta con alma de láminas

Este caso es muy interesante porque cuenta con un relleno a base de una estructura alveolar de láminas premoldeadas que dispuestas verticalmente, según la densidad, podrán soportar muy bien cualquier solicitación de compresión con un reducido peso de la puerta, en su conjunto. La estructura maciza está formada por madera blanda, con la colocación de traviesas que separen los largueros y resistan a cualquier presión lateral, ya que la estructura alveolar tiene un nulo comportamiento frente a la compresión lateral *(figura 77 a)*.

En cualquiera de estos tres casos se logran superficies óptimas y apropiadas para recibir la pintura si la superficie está compuesta de un tablero de aglomerado,

Puerta prefabricada de contrachapado liso con molduras sobrepuestas



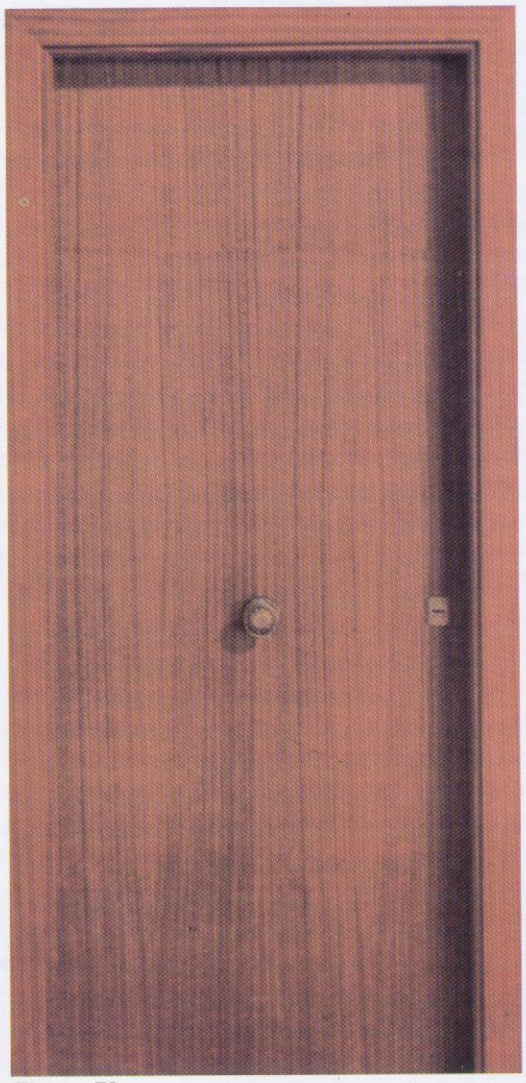
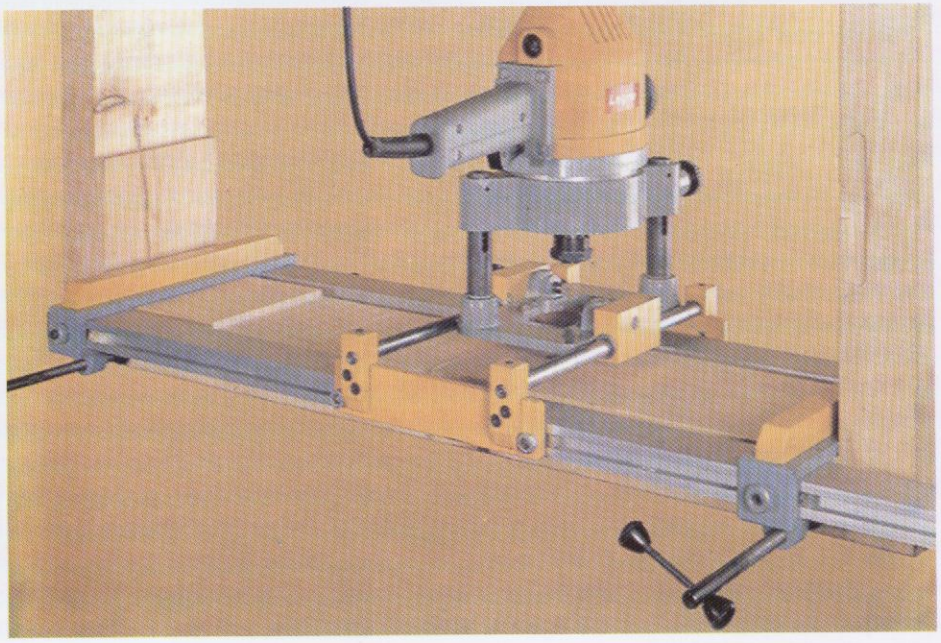


Figura 79

o el barniz si la superficie está conformada por tablero contrachapado, que puede dar a una puerta de entrada una apariencia maciza y de madera muy fina *(figura 79)*.

Fresadora para marcos de puertas prefabricadas



ENCOFRADOS PARA LA PREFABRICACIÓN DE PIEZAS

En este caso, la madera actúa como molde para dar forma, volumen y medida a materiales tan diversos como pueden ser el hormigón y el adobe.

Para esta clase de encofrados se tiene que hacer un estudio muy detenido del proceso de desmolde, ya que si se quiere usar el encofrado muchas veces sin que se deteriore habrá que hacerlo resistente al uso y, principalmente, a la humedad, que todos los materiales puestos a fraguar contienen en el interior o en la superficie de estos moldes.

Básicamente, existirán dos modalidades de uso del encofrado en relación al material que soporta: un encofrado volumétrico y otro superficial.

Encofrado volumétrico o envolvente

Es el más tradicional y empezó a usarse en la antigüedad, principalmente para la confección de ladrillos de adobe; posteriormente, con la aparición del hormigón armado, se generalizó el uso de tablas de madera para los encofrados, teniendo como inconveniente su difícil utilización posterior, salvo que no se usen maderas de buena calidad.

Según el trabajo que se tenga que hacer, se preparará el tipo de estructura de molde, al igual que se tendrán que preparar las paredes interiores para recibir el material, según sea el caso.

En las obras de hormigón armado se tienen encofrados de grandes dimensiones, por lo que su estructura tendrá que ser muy fuerte, ya que además de soportar el peso muerto del hormigón y de las armaduras tienen que resistir las cargas móviles producidas por el paso de los operarios con carretillas y útiles, dando origen a vibraciones que tienden a separar los ensambles y a aflojar las dobles cuñas.

Al colocar el encofrado en la obra será de suma importancia que su situación y disposición sea la exacta, ya que cualquier movimiento de la estructura continente, en el momento de ser vertido el hormigón, podría causar deformaciones en la pieza una vez fraguada. Por ello, será importante asegurar el armazón de madera con tornapuntas, riostras, cruces de San Andrés y todo tipo de elementos de fijación estructural.

El uso de un mismo encofrado no deberá exceder las seis u ocho veces, ya

que el trabajo de limpiarlo y el tiempo necesario para desmontarlo y montarlo no justifica más vida útil.

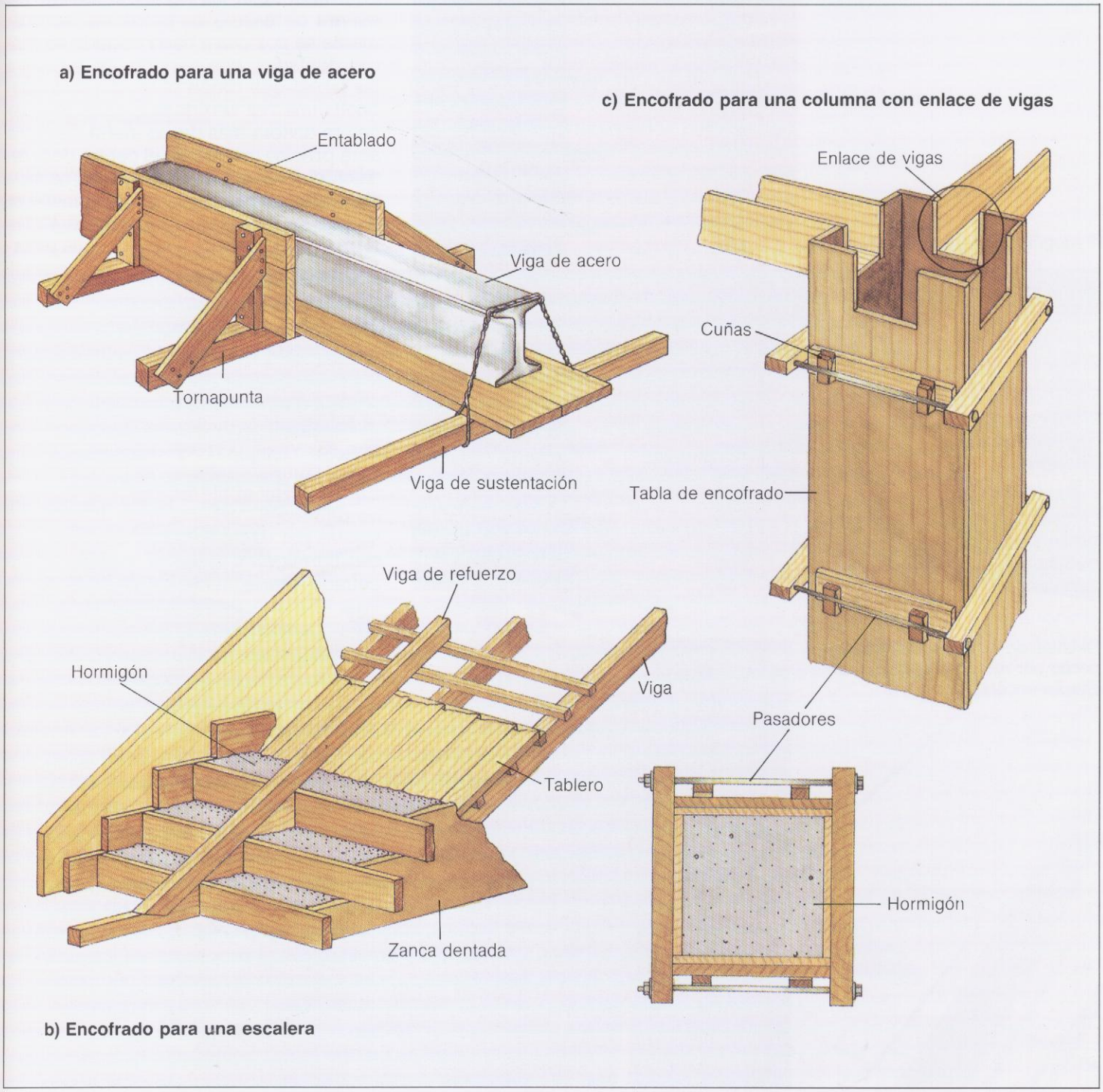
La madera que se emplea para este tipo de encofrados volumétricos tiene dos maneras de preparación: con los cantos de los tablones labrados y a escuadra, por lo que la superficie de encofrado quedará marcada con la separación entre cada tabla; con cantos machihembrados, con lo que se obtienen superficies lisas, pero se disminuyen las posibilidades de reciclaje de la madera, puesto que las ranuras de las tablas se llenan de hormigón.

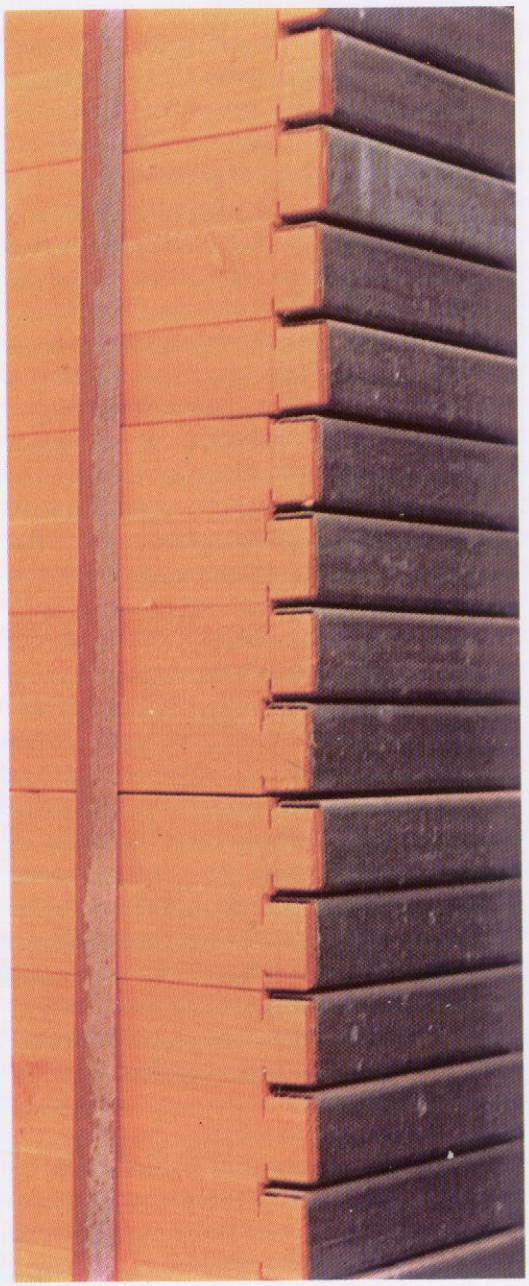
ENCOFRADO PARA VIGAS DE ACERO

En la *figura 80 a* podemos ver cómo se reviste con hormigón una viga de acero. En este caso, y dada la naturaleza del vertido de la mezcla, habrá que sustentar el encofrado con tornapuntas, de manera que el hormigón vertido no desplace las paredes laterales.

Este tipo de encofrado queda unido a la viga de acero por medio de alambres trenzados que a su vez sustentan travesaños de soporte, y de esta forma la es-

Figura 80





Tablero para encofrados con madera aserrada y tratada contra el ataque de la humedad

tructura de madera permite que el hormigón se aplique en la viga puesta e instalada donde corresponda.

ENCOFRADO PARA ESCALERAS

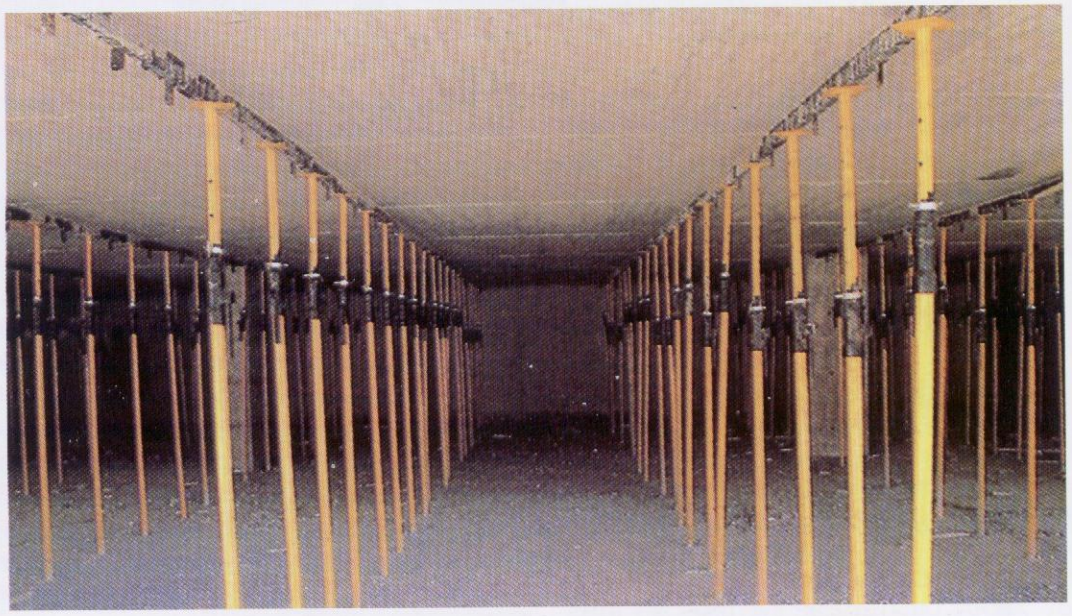
En la *figura 80 b* se muestra el encofrado para la construcción de una escalera de zanca recta. Al construir las piezas de madera que marcan la huella y contrahuella se deberá tener el debido cuidado para que los peldaños resulten siempre totalmente regulares.

El procedimiento consiste en colocar en primer lugar las vigas y el tablero que servirá de base a los peldaños. Seguidamente se colocan a cada costado las zancas dentadas, que servirán de soporte a las tablas que darán el nivel a la contrahuella una vez vertida la mezcla. Si la escalera tuviera más de un metro de ancho será preciso instalar en el centro de la estructura una viga con los apoyos necesarios para impedir que se deformen por flexión las tablas que sustentarán y conformarán la contrahuella. La huella se formará por simple nivelación gravitacional.

ENCOFRADO PARA COLUMNAS

En la *figura 80 c* vemos cómo puede ser el encofrado para un pilar que se dispone con sus vigas correspondientes. Para un mejor comportamiento, los lados de la estructura continente además de clavarse se refuerzan mediante unas abrazaderas sujetas por dos pasadores. Según el peso del hormigón que deba soportar el encofrado (aproximadamente 2.400 kg/m^3)

Detalles de acabado del forjado, hecho por medio de tableros de chapas encontradas



se distribuyen las abrazaderas, colocándose usualmente de 50 a 90 cm una de otra. Las cuñas dobles, que se disponen entre los pasadores y los laterales del encofrado, ayudan a la indeformabilidad de las caras.

Si la sección de la columna es pequeña, los soportes pueden ir clavados o sujetos con alambres de tensión provistos de un torniquete que permita regular la presión de sujeción que necesite la columna, especialmente durante las primeras horas del vertido.

Si el pilar tiene más de 3,5 m de altura, se debe dejar uno de los lados del encofrado abierto, para poder ir rellenando por tramos cortos (de 1 a 1,5 m cada vez); de esta manera se evita que la mezcla quede poco homogénea.

Encofrado superficial

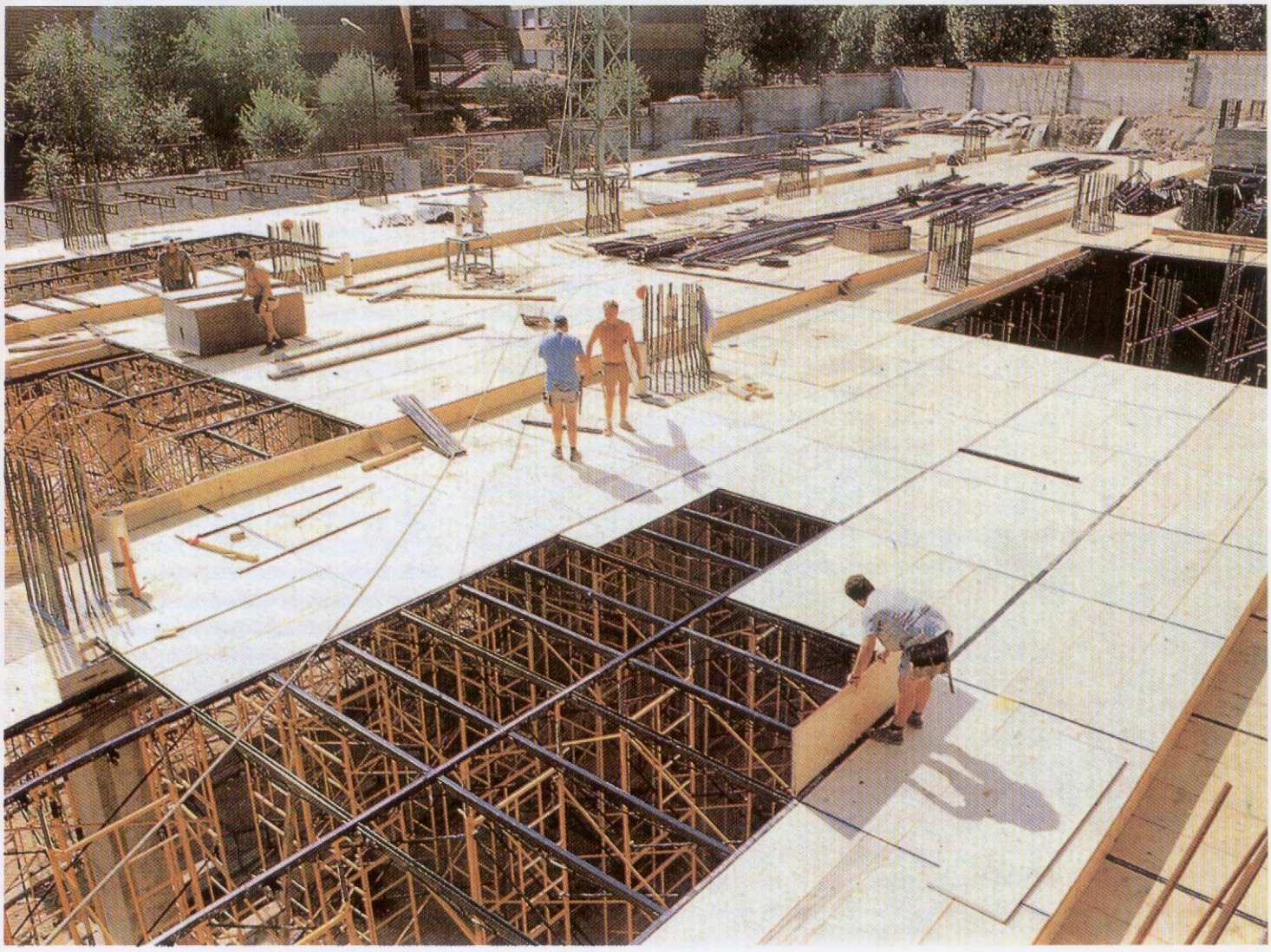
Esta modalidad de encofrado establece una relación superficial de soporte, ya sea para estructuras modulares de forjados planos ya sea para recubrimientos de encofrados verticales y curvos.

En todas estas modalidades la base es un tablero contrachapado con recubrimiento superficial a base de partículas de resinas fenólicas, realizado en caliente bajo presión, con lo que se obtiene una superficie resistente a la abrasión y el desgaste, permitiendo que se utilice en numerosas oportunidades.

ENCOFRADO SUPERFICIAL PARA FORJADOS PLANOS

Se trata de un tablero que admite cargas importantes de trabajo a flexión en los dos ejes de su plano (longitudinal y transversal). Cuando se instalan los encofrados en una estructura metálica, tanto las fibras paralelas a estos vanos como las perpendiculares están preparadas para recibir el volumen y peso de la mezcla de hormigón *(figura 81)*, gracias a la distribución de las láminas de madera con fibras alternadas y unidas por un encolado fenó-

Figura 81



Propiedades mecánicas del tablero contrachapado de capas encontradas para encofrado del forjado	Longitudinal	Transversal
Tensión rotura flexión	560 kg/cm^2	400 kg/cm^2
Módulo elasticidad	105.000 kg/cm^2	55.000 kg/cm^2
Tensión admisible-construcción	140 kg/cm^2	100 kg/cm^2
Mto. inercia (1 m sección, 22 mm)	58 cm^4	35 cm^4
Mto. inercia (1 m sección, 27 mm)	102 cm^4	80 cm^4

Cuadro VI

Figura 82

Figura 83

lico, generándose un material homogéneo en toda su sección.

En el *cuadro VI* describimos algunas características mecánicas de un producto como el que se ha detallado.

Uno de los factores importantes para la prolongación de la vida útil de este tipo de tablero es que su canto mayor vaya recubierto de un perfil metálico, que lo proteja de los choques o golpes *(figura 82)*. Este perfil ayuda mucho en el proceso de desmontaje del forjado, ya que presenta un perfil de mayor contacto para hacer palanca y así desprender el tablero de una forma limpia y expedita *(figura 83)*.

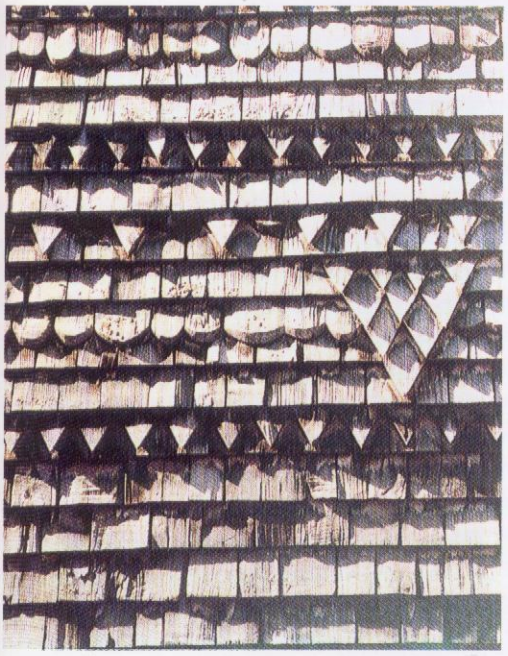
Una de las ventajas más destacables del tablero de capas encontradas con respecto al de madera aserrada es que en el último penetra rápidamente la humedad, produciéndose tensiones que pueden afectar a las uniones entre tablas, acelerando su deterioro, lo cual a su vez puede llegar a afectar a la calidad del forjado, después de pocas instalaciones. El tablero contrachapado disminuye mucho el riesgo de afecciones por humedad.

ENCOFRADO SUPERFICIAL, VERTICAL Y CURVO

Es un tablero de características muy similares al anteriormente descrito, que se fabrica con recubrimiento a base de películas de resina fenólica en una o dos caras, con diferentes resistencias superficiales al desgaste según su utilización y el número de puestas necesarias, obteniéndose la máxima rentabilidad en los encofrados de superficies verticales de muros de contención, edificios y cualquier paramento vertical de gran escala. Para el caso de los encofrados de superficies curvas tenemos el comportamiento indicado en el *cuadro VII*.

Cuadro VII

ENCOFRADOS CURVOS					
Espesor	7	10	12	15	18
Radio de las curvaturas (m)					
Doblado en sentido longitudinal a las fibras	1	2	3	4	4,5
Doblado en sentido transversal a las fibras	0,75	1,5	2	3	3,5
Nota: Es muy útil mojar las superficies posteriores en tracción para facilitar el doblado					



5 Recubrimientos

Este capítulo hace referencia a los revestimientos interiores y exteriores de madera, los que se pueden encontrar incorporados a la arquitectura casi desde los comienzos de su desarrollo, ya que desde muy antiguo se supo valorar las condiciones de la madera como material de excelentes características aislantes, tanto térmicas como acústicas.

Si se tienen las debidas precauciones en usar la madera adecuada en los revestimientos exteriores, se podrá elaborar todo tipo de piezas para lograr que una obra de arquitectura pueda resistir los embates del tiempo. En la *figura 84* podemos ver cómo una antigua iglesia escandinava se ha recubierto de un sinnúmero de piezas de madera en forma de escamas, llamadas tejas de madera, para proteger tanto sus muros exteriores como su techumbre.

Con respecto a los recubrimientos interiores, parece ser que su origen se halla en la necesidad de ocultar las huellas de humedad que frecuentemente aparecen en la parte baja de las paredes.

Por lo tanto, podemos considerar el recubrimiento de madera como toda pieza de madera de naturaleza superficial que sirva para proteger tanto el interior como el exterior de los muros, de diferente materialidad.

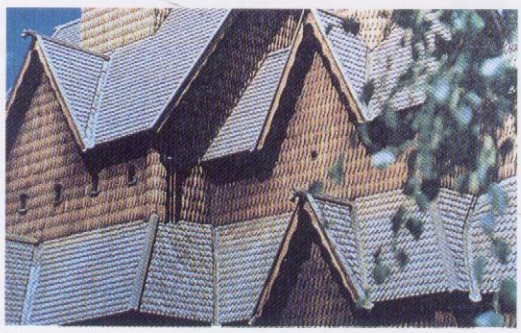


Figura 84

RECUBRIMIENTO INTERNO

Históricamente, ha existido una clara diferencia entre los muros interiores y el techo de un recinto gracias a la ortogonalidad especial predominante en dichos espacios. Actualmente esta diferencia no es tan notoria, ya que los espacios internos son más irregulares e interconectados, por lo que la tradicional diferencia entre revestimientos de muro y artesonados (revestimiento de techo) ya no es vigente *(figura 85)*.

Figura 85

De todas maneras y a modo de referencia histórica daremos algunas nociones de este tipo de revestimiento, distinguiéndose una diferencia entre el revestimiento de zócalo, que alcanzaba de 0,80 a 1,5 m sobre el nivel del suelo, y el revestimiento de altura, que llegaba a cubrir los dos tercios de la habitación o su muro completo.

Revestimiento de zócalo o arrimadero

Este tipo de revestimiento tiene un armazón sobre el cual se disponen tablas o tableros moldurados en diferentes escuadrías y perfiles; además, en la parte superior del armazón va una cornisa moldurada, y como terminación inferior irá una pieza que recibe el nombre de plinto o zócalo bajo.

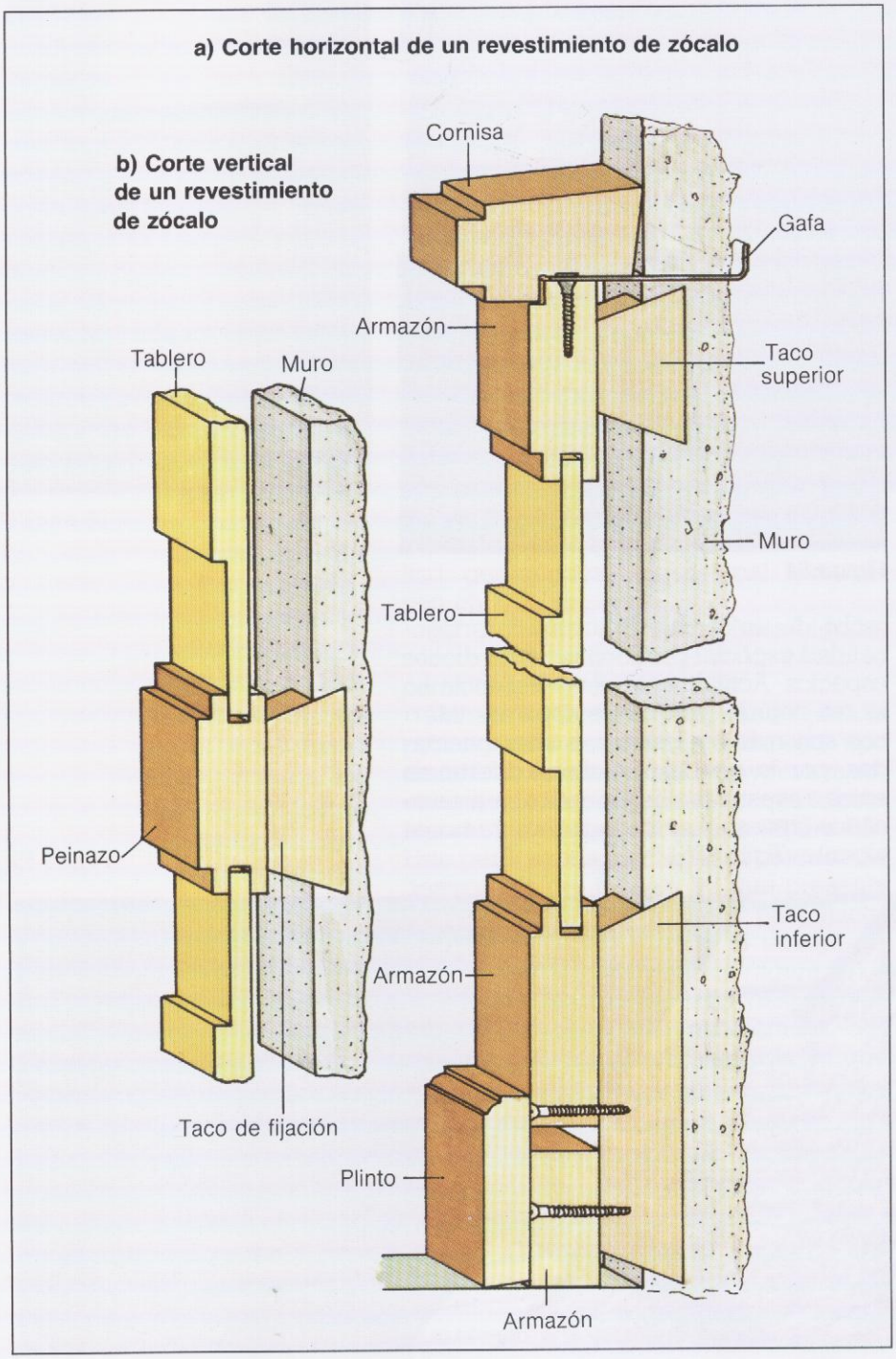
El nombre alternativo de arrimadero se debe a que en muchas ocasiones este tipo de revestimiento sirve para proteger la pared del roce ocasionado por muebles, tales como mesas, respaldos de silla y otros inmuebles de adosamiento, por ello la altura del revestimiento tendrá que estar en proporción con la altura de la habitación y la función que ella desempeñe y los muebles que contenga. Generalmente, la altura convencional fluctúa entre un cuarto y un tercio de la altura total de la habitación. Actualmente, y por razones de economía, en muchos lugares de uso público se mantiene la cornisa moldurada para evitar que el respaldo de sillas pueda dañar el paño de la pared.

El revestimiento de zócalo con armazón tiene un conjunto de tableros separados por peinazos a la manera de una puerta de entrada, donde de igual manera el diseño y tipo de tablero y molduras responderán al ámbito estético que quiera presentar el conjunto de la habitación.

Para su construcción se deberán tomar las medidas de la habitación para construir en el taller el armazón, que tendrá como grueso de 18 a 25 mm. Una vez armado este bastidor se montarán los tableros para ser encuadrados por la cornisa y el plinto *(figura 86 a)*. Para la fijación en la pared se usarán tacos de madera, tanto a la altura de la cornisa como a la altura del plinto; estos elementos de terminación irán fijos con tornillos al armazón, y los peinazos que sujetan los tableros, como se indica en la *figura 86 b*, serán también fijados por tornillos a los tacos que corresponda.

Será recomendable dejar los tacos salientes de la pared de 8 a 10 mm para evitar que el zócalo, al ser fijado por medio de clavos, quede en contacto directo con la pared. Cuando en la cornisa hay una moldura que cubre el canto del armazón, como se ve en la *figura 86 b*, puede fijarse el zócalo mediante una pata o gafa metálica, que se atornilla al armazón por su canto superior.

Figura 86



Revestimiento de altura, parcial y total

Este tipo de tratamiento de muros podrá hacerse cubriendo las paredes totalmente o sólo las dos terceras partes, lo que da una apariencia de decoración y protección contra la humedad.

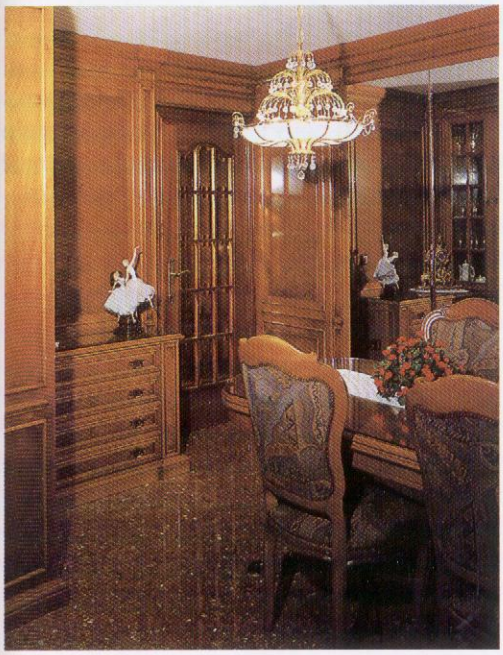


Figura 87

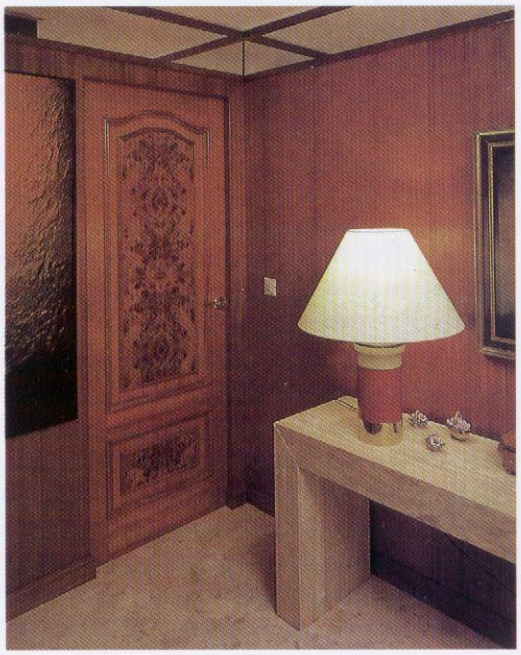


Figura 88

Existen dos modalidades, una por medio de tablas machihembradas de colocación fácil y sin mayor cálculo previo que la medición de superficie que haya de cubrirse, y el revestimiento de altura por medio de paneles, el cual será de un costo más elevado y con mayores cálculos previos al tratarse de un armazón y revestimiento a modo de una puerta de paneles. Actualmente, el revestimiento de altura más usado es el de tablas machihembradas tanto para interiores como para exteriores (siempre y cuando estén tratadas).

REVESTIMIENTO DE ALTURA CON PANELES

Este proceso constructivo se ha ido haciendo cada vez menos usual, ya que requiere una mano de obra especializada que sea capaz de hacer un estudio previo de las dimensiones de la habitación para la recta distribución de los tableros y recuadros, los cuales tendrán que ser todos iguales a pesar de los huecos de puertas e irregularidades de la habitación. En algunos casos, se ha hecho coincidir el estilo de los muebles arrimados a la pared con el revestimiento de altura que está presente (*figura 87*) tanto en sus superficies estáticas (muros) como en las móviles (puertas de corredera).

Este revestimiento se podrá hacer con armazón real o simulado. En el primer caso constará de largueros, peinazos y traviesas, que alojarán los paneles o tableros correspondientes con sus respectivas molduras.

Si el armazón es simulado, los recuadros irán sobre un emparrillado que se fijará a la pared mediante los suficientes tacos, para que a su vez los tableros puedan clavarse por sus cuatro lados. La relación entre el emparrillado y los tableros tendrá que ser la adecuada para que las superficies de contacto permitan generar más superficies rígidas y completamente a escuadra.

Si el revestimiento estuviera constituido por placas de contrachapado, el emparrillado tendrá que estar dimensionado en su trama para permitir la adecuada unión entre paredes y su perfecta fijación superficial y para evitar curvaturas o zonas propensas a la hendidura en casos de presión o golpes. En general, convendrá aumentar los listones de sujeción para dar a las placas una buena estructuración. Cuando se usan estas placas se obtienen muros planos sin relieve, a excepción de la unión de los muros con el piso donde suele ir un zócalo inferior o plinto que remata dicha unión *(figura 88)*.

Una vez clavados los tableros, primero se colocan los listones verticales, que serán todos de una pieza, y a continuación los horizontales, que serán listones intercalados a tope. Finalmente, se coloca la cornisa, si corresponde, y el plinto en el caso de las placas lisas.

REVESTIMIENTO DE ALTURA CON TABLAS MACHIHEMBRADAS

En este caso podemos distinguir el revestimiento sobrepuesto y el revestimiento constructivo. En el primero, las tablas

machihembradas se fijan a una pared ya estructurada y llena, con listones en forma horizontal sobre tacos si se piensa revestir en forma vertical, y con listones en forma vertical, si se reviste con tablas puestas en horizontal. Estos listones reciben tablas que tendrán de 100 a 140 mm de ancho y de 12 a 17 mm de grueso, y con perfiles muy variados. Una vez colocadas todas las tablas, se aplican al revestimiento la cornisa y el plinto, procurando clavar las puntas donde sean menos visibles, aprovechando los entrantes o curvas de las molduras.

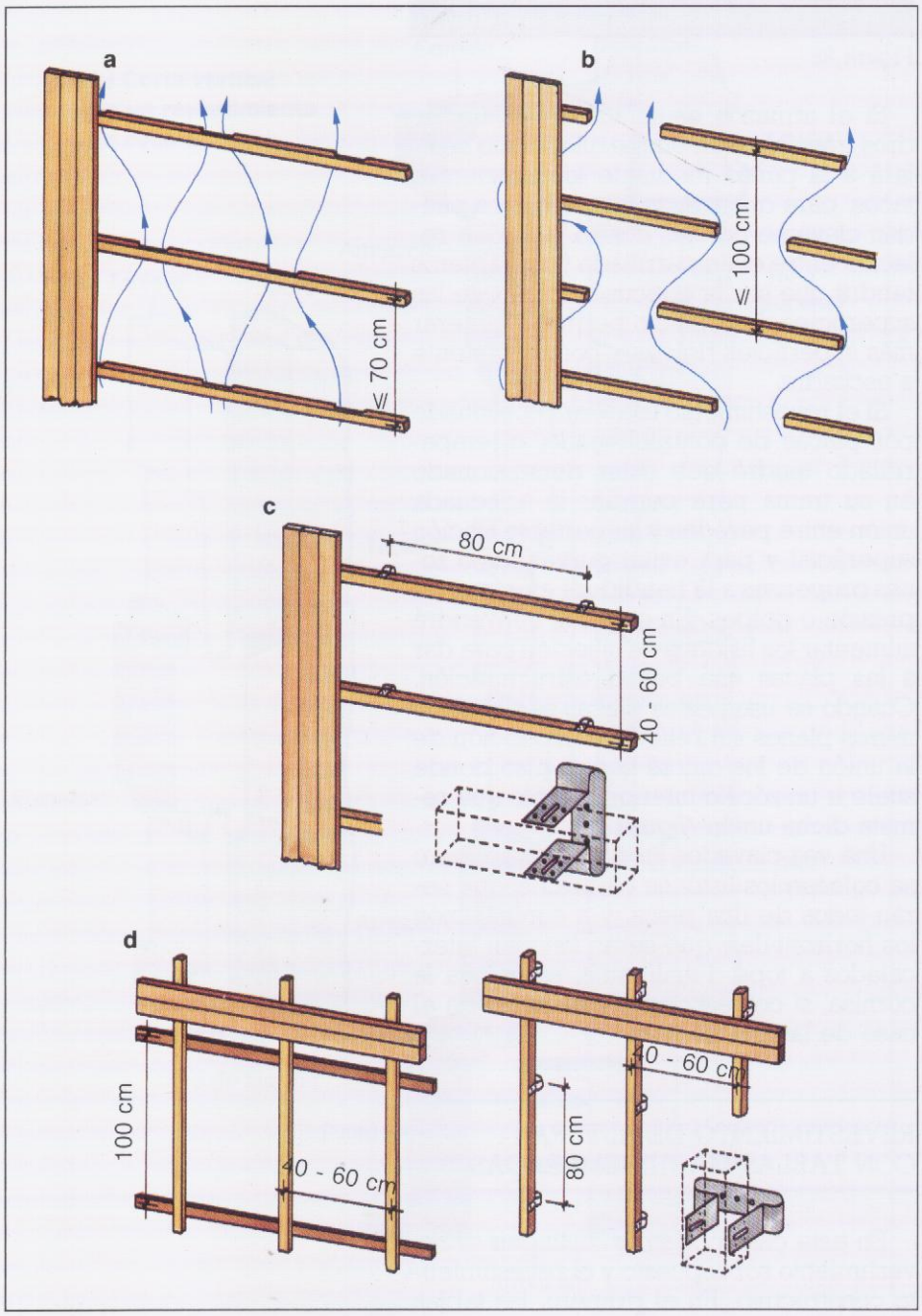
Será conveniente dejar en el emparrillado horizontal algunos huecos por donde la madera del machihembrado pueda respirar por su cara interior *(figura 89 a)*. Si el largo de las piezas no lo permitiera o la pared soportante fuera de un material lleno (no de estructura de madera), se podrían colocar los listones y el soporte intercalados, de tal manera que se asegurase la adecuada ventilación de las maderas, lo que se conseguirá si la distancia entre la tabla y la pared es superior a 10 milímetros *(figura 89 b)*.

Si sólo es posible fijar el emparrillado en algunos puntos de la estructura del muro, se usan tacos o piezas metálicas que abrazan los listones que a su vez sostienen las tablas de machihembrado *(figura 89 c)*. Si el revestimiento es horizontal, los listones ya dejan, por su disposición, huecos abiertos de arriba abajo, distinguiéndose por lo menos dos maneras de fijarse en el muro, dependiendo de su materialidad y estructura interna *(figura 89 d)*.

Cuando se instala este revestimiento es conveniente consultar con el electricista antes de comenzar la colocación de los listones, ya que es de gran utilidad saber en qué lugar van dispuestos los interruptores y enchufes, ya que los hilos eléctricos y los del teléfono pueden hacerse pasar por el espacio que queda entre la pared y el plinto, que es fijado a los tacos con tornillos para poder facilitar la manipulación de los cables ante cualquier instalación o avería.

El revestimiento constructivo es un revestimiento de altura con una aplicación muy similar, ya que en algunos tipos de construcciones rústicas el revestimiento interior no es más que la cara opuesta del revestimiento exterior de tablas machihembradas *(figura 90)*.

Figura 89



Revestimiento de techo o artesonado

El artesonado es el techo real o aparente adornado con tablas, viguetas, molduras, rosetones, paneles lisos o con cualquier otro material que sirva de recubrimiento a la superficie superior de una habitación. Muchas veces, los adornos en el techo de un recinto pueden ser parte de su estructura, como en el caso del tallado de algunas vigas del techo o simplemente su pintura. En otras ocasiones, los paneles, molduras y otras superficies de tipo tablero sólo cumplen una función decorativa.

ARTESONADO DE TECHO REAL

Para que se pueda dar el caso de artesonado de techo real el habitáculo tendrá que tener vigas a la vista en el techo, ya sean estructurales o sólo de ornamen-

tación. En el primer caso, las molduras se harán integradas al perfil de la viga antes de ser colocadas como parte de la estructura del recinto; si en cambio son sobrepuestas convendrá colocar las molduras (como piezas separadas) después que el elemento se haya instalado.

También se pueden incluir adornos, como grecas, rosetones y tallados, siempre y cuando estos elementos o intervenciones no dañen la capacidad mecánica de la pieza.

ARTESONADO DE TABLA MACHIHEMBRADA

En este tipo de artesonado los durmientes están ocultos, bastan algunos pocos, colocados a lo largo, que se fijarán en la pared clavados sobre tacos o sujetos con gafas de hierro. Las tablas tendrán de 10 a 12 mm de espesor. Una vez colocados los durmientes, se procede a fijar las viguetas a una distancia de 0,70 a 1,00 m, ensamblándolas a los durmientes a media madera, de modo que a ras de superficie inferior mantengan un nivel. Posteriormente, basta colocar las molduras machihembradas. La unión de las tablas a la pared se disimula con una moldura.

En algunos casos se llega a revestir directamente el techo por el interior, sin techo ni vigas superiores, de manera que se pueden obtener hermosos efectos al aparecer la forma real del techo con sus pendientes invertidas y revestidas concéntricamente.

ARTESONADO DE TABLERO

Se trata de una instalación rápida, ya que algunas partes se pueden hacer en el taller, pero que requiere una buena coincidencia entre el encuentro de tableros y el entramado. Por lo tanto, es importante preparar dicha trama con los durmientes y viguetas, según corresponda y a la distancia conveniente. Si hiciera falta, entre vigueta y vigueta se reforzarán los ristreles.

Una vez armado el tejido sustentador, se procede a clavar o a atornillar los tableros de contrachapado, aglomerado o de fibras. Si se colocan placas de yeso, se debe reducir en un 50 % las luces entre las piezas de la trama por ser este un material más quebradizo; además, se usarán trabas especiales para su sujeción.

Si los recuadros o paneles tuvieran que ir adornados con rosetones u otros elementos, es preferible que estén clavados

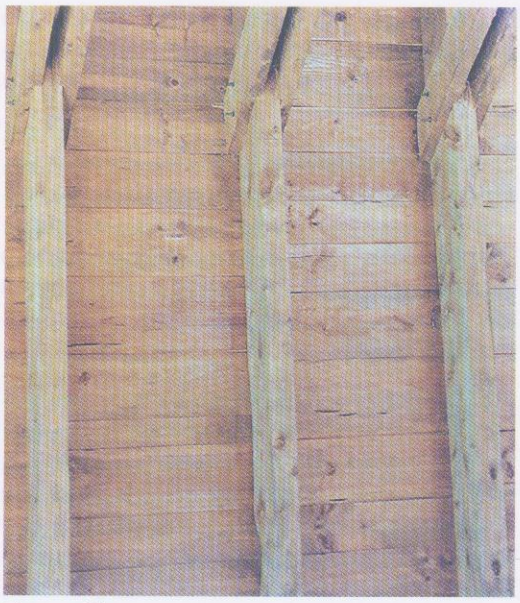


Figura 90

a los tableros antes del montaje. Para concluir la instalación se clavan las molduras sobre los tableros, siguiendo las líneas del dibujo que presenta el artesonado. El resultado final suele ser un techo absolutamente cuadriculado, con sus figuras ortogonales enmarcadas por molduras.

ARTESONADO EN PISO DE MADERA

Este artesonado es muy frecuente en casas de dos o más pisos, donde las vigas de madera que sostienen el piso sirven también de vigas para el artesonado.

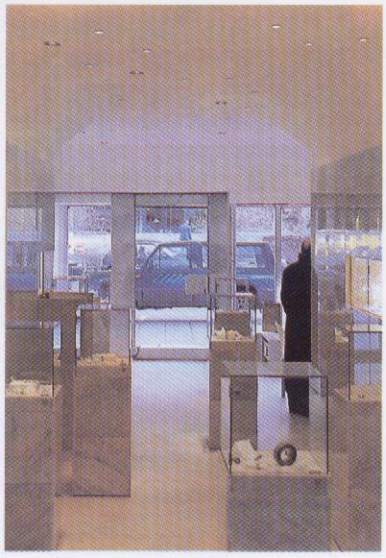
En este caso es de suma importancia la función que cumplen los aislantes, como el corcho, aserrín, fibras de vidrio y materiales plásticos aglomerados, ya que tendrán que amortiguar los ruidos que provengan del suelo y a su vez del techo.

Para la construcción de este artesonado se aplican a las vigas las molduras sobrepuestas, que servirán de soporte para el tablero y a su vez ornamentarán las vigas. Los tableros pueden quedar fijados por su propio peso, ya que la presión adicional del material aislante que se coloca entre el artesonado y el piso superior también contribuye a ese fin. Es importante hacer notar que si las vigas aún no se han instalado se podrá moldurar su cara inferior, de manera que cuando se coloque la moldura que sostiene el tablero se tendrá una ornamentación mayor.

Techos rasos de tablero aglomerado

Son los techos que actualmente más se usan, ya que su reducido costo en com-

Cielo raso continuo y multiforme en tablero aglomerado pintado de alta densidad

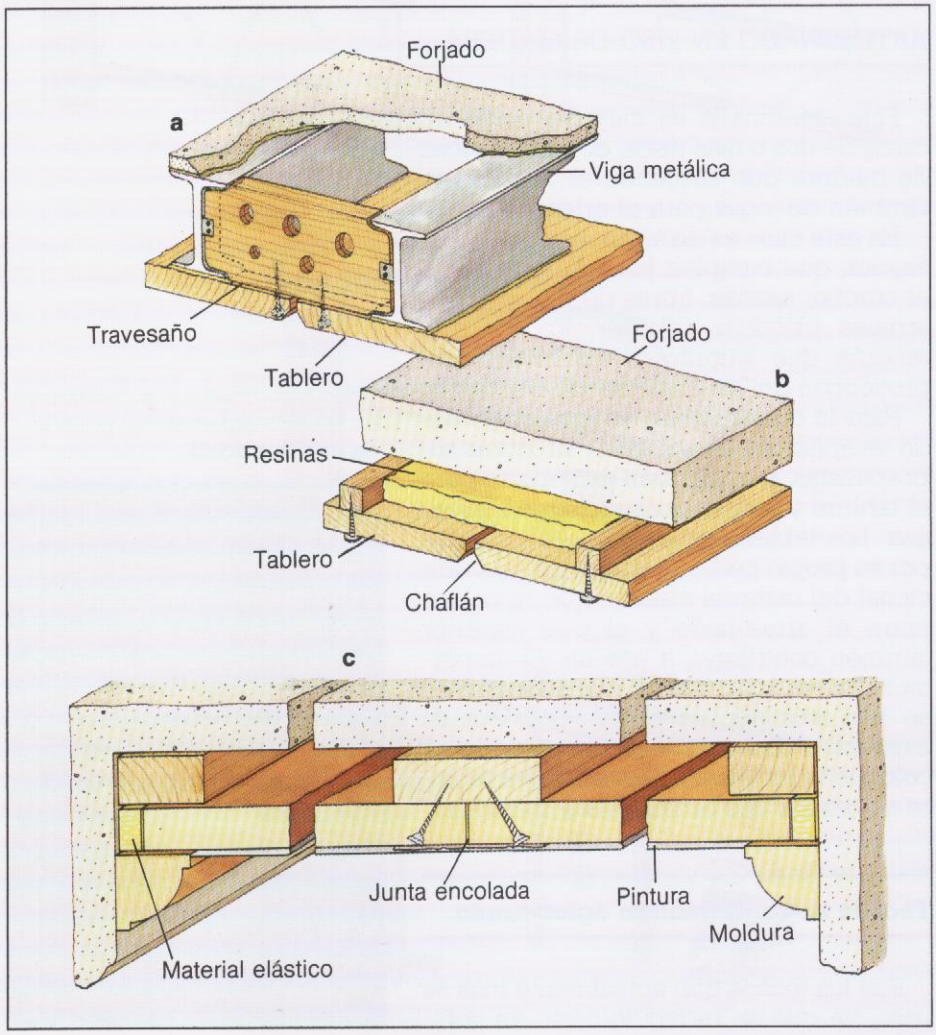


paración con los artesonados y su rápida colocación los han hecho populares. También es necesario agregar que la técnica del tablero aglomerado ha mejorado mucho, pudiéndose contar actualmente con tableros resistentes al fuego, al agua, en diferentes espesores, calidades y texturas. Otra ventaja que ofrece este material, para la construcción de techos, es su bajo peso, que facilita mucho su manipulación en altura.

Para la fijación de los tableros es necesaria la colocación de un entramado de madera ordinario en el techo. Las uniones se disimulan mediante un biselado en el canto de los tableros o colocando encima de la juntura una moldura de madera (como tapajunta) o una de metal.

El entramado tiene que ser muy consistente en los encuentros de los paneles, dejando la superficie de contacto y fijación adecuada según las características técnicas de cada tablero aglomerado, ya que las densidades y sistemas de cohesión varían mucho entre uno y otro tipo de tablero. En muchos casos, las uniones de los tableros son selladas con cintas adhesivas especiales que permiten obtener, una vez pintadas, superficies totalmente limpias y continuas.

Figura 91



Por su fácil montaje, estos tableros son muy apropiados para los techos rasos de grandes naves, oficinas y locales comerciales. Por su materialidad también se facilita la instalación de sistemas de iluminación empotrados, como pueden ser los de tipo halógeno o los plafones de luces fluorescentes.

EL TABLERO AGLOMERADO COMO CIELO RASO EN DIFERENTES TIPOS DE TECHOS

Si se tiene un techo de forjado, el tablero proporciona la superficie horizontal del techo en una estructura de apoyos discontinuos. Para poder revestir un techo atravesado de lado a lado por vigas metálicas se procederá colocando travesaños de madera atornillados, mediante angulares soldados al alma de las vigas que permitan clavar y atornillar directamente los tableros de madera aglomerada a los travesaños. Es muy importante agujerear dichos travesaños para permitir el paso de las instalaciones y la ventilación de los tableros *(figura 91 a)*.

Para forjados recientemente construidos o techos por renovar sin vigas metálicas, el tablero proporcionará un acabado al ser clavado y atornillado a elementos de madera (tacos o listones), previamente anclados al forjado. El revestimiento de un techo por renovar con tablero de madera aglomerado mejora sensiblemente las condiciones de aislamiento térmico y acústico. Para evitar puentes térmicos y acústicos es conveniente interponer resinas u otros elementos elásticos que eviten la solidaridad entre la superficie del tablero y el techo propiamente estructural *(figura 91 b)*.

Cuando los paneles quieran dejar una superficie continua, ya sea en forjados con vigas metálicas o en forjados limpios y en cualquier techo que haya que cubrir, se elaborarán las juntas ocultas que no son sino acabados continuos para recibir pintura o empapelados.

Para obtener juntas ocultas se encolan los tableros entre sí por los cantos y, a continuación, una vez seca la junta, se lija ésta en una zona de 10 cm de ancho y se aplica una capa de cola con las mismas características que la anterior. Sobre esta zona se aplica una cinta de tela armada (tejido especial de poliéster) empezando por lo alto, con ayuda de una brocha o pincel para que penetre bien la cola a través de sus orificios. Seguidamente, sobre la cinta se aplica una capa de la misma cola pero algo más diluida; una vez seca, se aplica un enlucido para pintar, cuidan-

do de lograr una perfecta planeidad con el resto del tablero *(figura 91 c)*.

El tablero así construido forma un cuerpo monolítico, por lo que debe ser desolidarizado del resto de la construcción, interponiendo entre aquél y los elementos rígidos de los muros laterales un material flexible (caucho o goma) capaz de absorber las variaciones dimensionales del conjunto, que, al no tener juntas intermedias, se manifestarán en la periferia, sin comprometer su planeidad y perfecto acabado.

Para el empapelado con papel grueso se deja una junta de dilatación de 2 mm entre los cantos encontrados de los tableros, y la banda que tapará dicha unión será de papel resistente de 15 a 20 cm de ancho, aplicada al agua sin cola.

Revestimiento de tabiques con tablero aglomerado

Se define como tabique toda construcción tipo pared interior que no tenga una función estructural dentro de la edificación. Como el tablero aglomerado es un elemento preferentemente superficial, necesita un cerco o entramado de madera que da al panel su espesor final; por lo tanto, la primera consideración constructiva será distinguir entre la estructura del tabique y el cerramiento superficial. Esta estructura forma un entramado enmarcado por un cerco que lo relaciona en su fijación con el suelo, con el techo y las paredes.

La solución más frecuente, especialmente en viviendas, es el revestimiento con tablero que genera paños verticales dentro de la superficie del tabique, ya que aparte de la naturalidad rítmica de la división vertical representa mantener la altura de techos como una constante y da una mayor facilidad de relación con otros tabiques, con lo que se plantea el crecimiento aditivo en longitud periférica.

En cambio, una división horizontal del tabique sólo será usada cuando se trate de grandes superficies, ya que este caso implicaría una referencia con el suelo y un planteamiento aditivo de la altura.

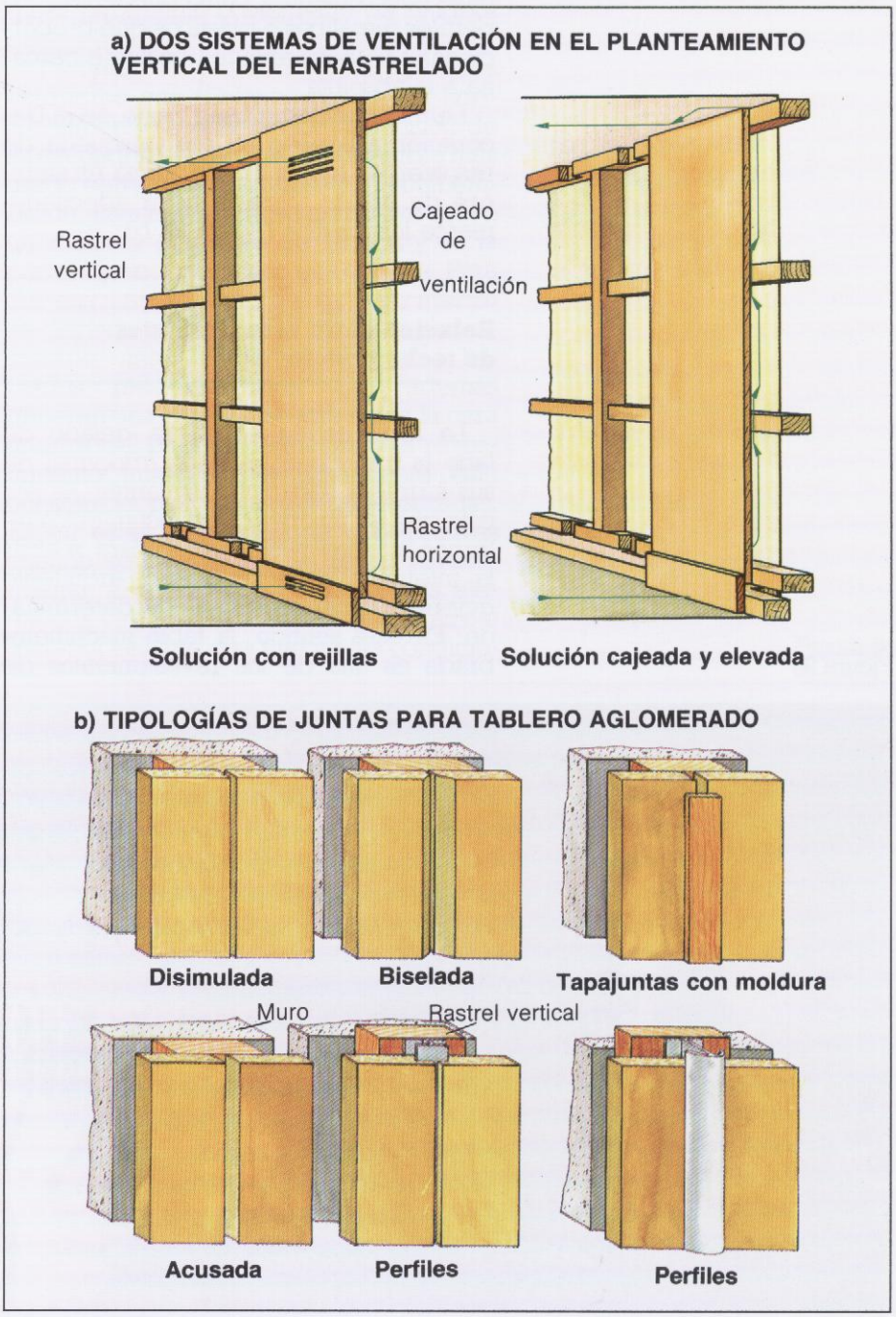
REVESTIMIENTO CON TABLERO AGLOMERADO CLAVADO A RASTRELES

La característica principal de estos revestimientos estriba en su relación con la pared que cubren, planteándose por medio de un enrastrelado al que se fijan los tableros. Por ello habría que tener en cuenta el peso del revestimiento, así como también la distribución de los rastreles, tanto por razones de fijación como de estabilidad.

La función de este revestimiento puede ser tanto decorativa como funcional, al conformar una cámara aislante que en caso de espacios pequeños y en habitaciones colindantes servirá mucho, especialmente en términos acústicos.

La ventilación entre el tablero y el enrastrelado tendrá que estar muy bien calculada, ya que la misma distancia que ayuda acústicamente al tabique deberá ser ventilada o por rejillas colocadas en el zócalo y en la parte superior del tablero o por una solución cajeada y levada *(figura 92 a)*. En ambos casos, los cajea-

Figura 92



dos o sacados de ventilación se harán en los rastreles horizontales. La distancia máxima para la interrupción (por medio de sacados) del rastrel con fines de ventilación será cada dos metros.

Para que la ventilación vertical se realice correctamente a través de la cámara conformada, será imprescindible que las juntas entre paneles sean lo más herméticas posible.

La junta perfecta no existe. Lo que sí es posible es la junta bien planteada tanto por su diseño como por su disposición. Con el tablero aglomerado se consiguen grandes superficies, que eran muy difíciles de conseguir con la construcción tradicional, lo que puede permitir la elección de la situación de la junta. También caben todos los recursos tradicionales y otros más recientes, como pueden ser los perfiles metálicos o plásticos que proporcionan una hermeticidad bastante cercana a la absoluta.

La molduración y gran parte de la decoración aparecen en esa búsqueda de resolver las juntas. El problema es siempre de diseño y de manejar adecuadamente los medios *(figura 92 b)*.

Relación entre revestimientos de techo y muro

La arquitectura actual ha dejado de lado la tradicional relación ortogonal de sus formas y espacios resultantes. Es por esto que las uniones de revestimientos internos muchas veces sirven para realzar la intención espacial que el arquitecto quiere plasmar en un ámbito determinado. En este sentido, la tabla machihembrada es uno de los revestimientos de madera que más posibilidades ofrece dadas sus características de multiplicidad lineal, ya que su "anchurado" o rayado se puede usar en cualquier sentido. En la *figura 93* podemos ver, por ejemplo, cómo al ser colocadas las tablas en vertical y haciéndolas coincidir con la trama lineal que tiene el techo, se logra un efecto dinámico y de completa continuidad en un encuentro ortogonal que suele ser estático y, más aún, de pretexto para mostrar molduras y decorados varios en arquitecturas más tradicionales. En este caso, la esquina superior está prácticamente anulada y se la integra a un "listado en fuga" que convierte el espacio en un ámbito donde sus elementos tradicionalmente estáticos, como son pared y techo, se interrelacionan para una disposición del revestimiento que acentúa, en este caso, una intención del proyectista.

Si quisiéramos sistematizar esta relación entre techo, suelo y muros, a través del revestimiento de tablas machihembradas, tendríamos los siguientes casos tipológicos:

TECHO Y SUELO

Cuando se revistan el suelo y el techo con tablas machihembradas orientadas en el mismo sentido, dejando los muros limpios (muros sin tablas como revestimiento), se obtendrá un efecto de fuga en perspectiva, consiguiéndose con esto que el cubículo se alargue en el sentido de las tablas.

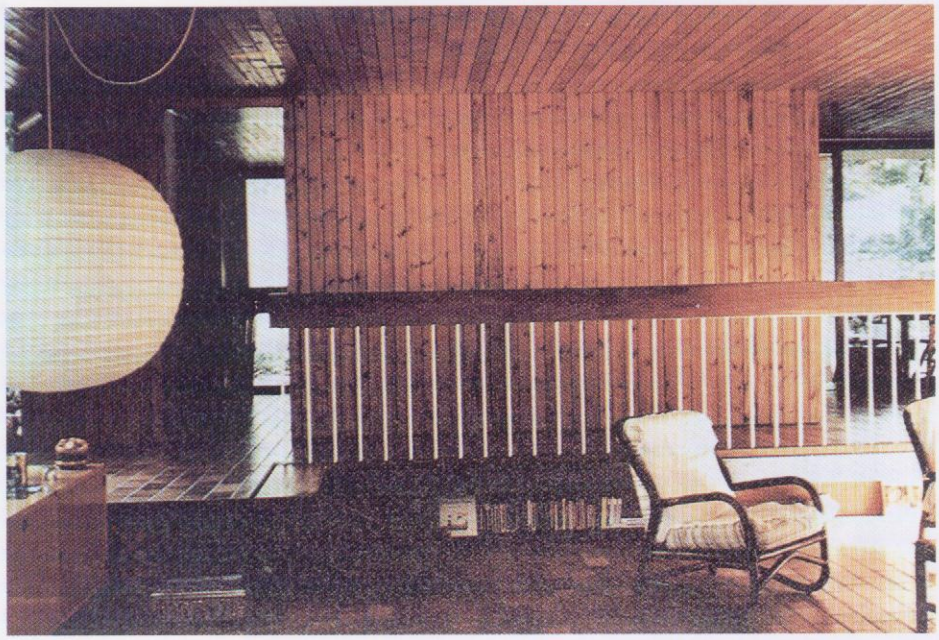
SÓLO MUROS

Si sólo se revisten perimetralmente con tablas machihembradas colocadas en sentido vertical los muros del recinto, se obtendrá un espacio estático y con una sensación de altura mayor entre suelo y techo.

MURO Y SUELO

Es un caso muy singular que se utilizará en el caso de una habitación muy larga y estrecha, ya que si se reviste el suelo con un entablado cuyo sentido vaya perpendicular al del eje más largo de la habitación y uno de los fondos (pared más pequeña) se reviste en diagonal (45°) con las tablas machihembradas, se obtendrá un espacio de menor fondo y de mayor ancho que el real.

Figura 93



ARRIMADERO Y TECHO

Si la habitación es muy alta y larga, para lograr su encuadramiento o proporción más regular bastará con revestir los muros a media altura con un entablado vertical, de manera que se deje una superficie perimetral igual a la revestida sin cubrir entre el suelo y el techo; este último se revestirá en el mismo sentido del suelo del caso anterior, es decir, perpendicular al sentido más alargado de la habitación, obteniéndose un espacio más bajo y menos largo que el real.

RECUBRIMIENTOS EN RELACIÓN CON EL TABIQUE

Si damos una mirada retrospectiva al uso de la madera en el revestimiento exterior de una edificación cualquiera, nos encontraremos con que tradicionalmente en edificaciones rurales, refugios y edificios secundarios se solían hacer paredes con rollizos colocados horizontalmente y comprendían la totalidad del espesor de la pared, construidos de tal manera que el concepto de revestimiento interior o exterior se suple por el de pared única o maciza de madera semielaborada. Estos troncos en un principio se ordenaban unos sobre otros en contacto tangencial, pero luego se optó por cortar con sierra y producir superficies planas en toda su longitud de contacto, con el fin de tener muros de mayor estabilidad. El desarrollo continuó y pronto se optó por aserrar una tercera cara a cada tronco y así obtener una superficie más lisa en el paramento interior de la construcción. De esta manera se tendía, poco a poco, a obtener piezas cuadrangulares como elementos de pared, aunque para lograr un mejor encaje, en algunos casos se optaba por mantener una curva superior y una contracurva inferior para disminuir las posibilidades de desplazamiento entre las piezas *(figura 94)*.

Todos estos muros, en mayor o menor grado, adolecen de una adecuada impermeabilidad con respecto a la temperatura o la humedad, ya que al ser el leño el único material que separa el interior del exterior se dependerá del grado de higroscopicidad de la madera empleada, pudiendo variar mucho de una temporada a otra la calidad protectora de un mismo paramento.

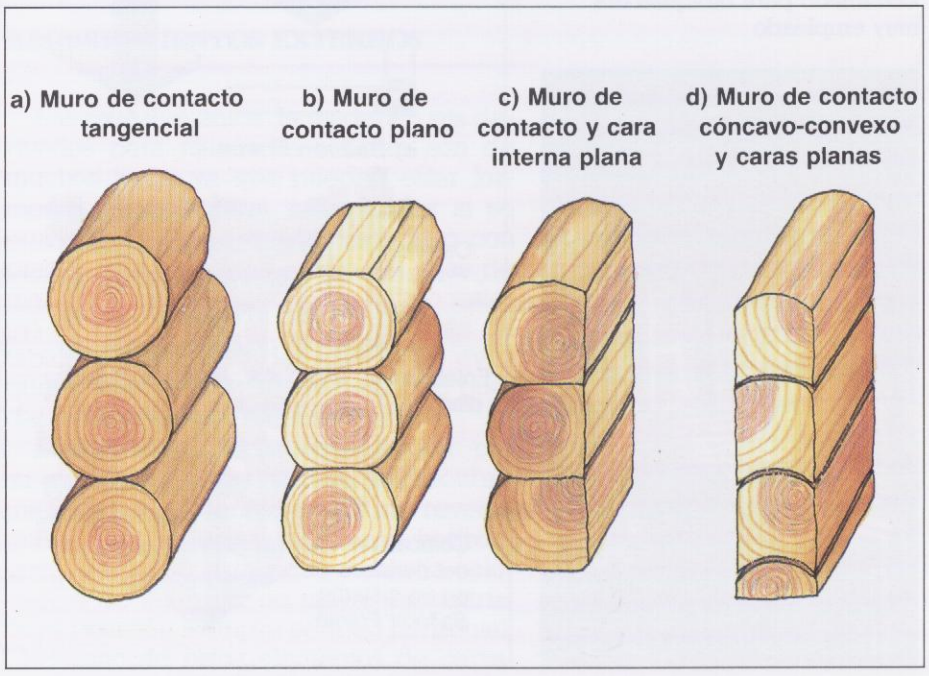
En países donde existe un alto índice pluvial se han desarrollado técnicas de revestimiento en maderas resistentes a base de tejas que cubren tanto techumbres como muros, sin existir distinción alguna entre estas dos superficies desde un punto de vista material.

Acondicionamiento del muro macizo

Así como el contacto entre cada pieza fue haciéndose más superficial *(figura 94)*, también fue necesario separar la madera de su contacto directo con el suelo; es así como en lugares de una alta pluviometría y humedad se han elaborado sistemas de construcción que, aunque mantienen en apariencia la imagen de la casa rústica de antaño, han introducido elementos tales como la cimentación, fase previa a cualquier paramento o elemento de madera puesto en obra.

También se pueden formar paredes exteriores con tablones colocados horizontalmente, con la mayor dimensión de su escuadría en vertical. El ensamble más usado entre estas piezas es el machihembrado. Esta estructura se construye sobre un zócalo y cimientos de fábrica y en la parte superior se coloca una carrera. Para dar una mayor solidez a este muro macizo se dispone cada 1,5 m o 3,0 m, según escuadría, unos elementos verticales llamados pies derechos, que además generan una cámara de aire entre la cara interior del paramento macizo y el revestimiento interno, que usualmente está constituido por tablas machihembradas. Es en estas circunstancias constructivas cuando se puede hablar de un revestimiento, al existir por lo menos dos elementos verticales y una cámara de aire o material aislante que mejora las condicio-

Figura 94

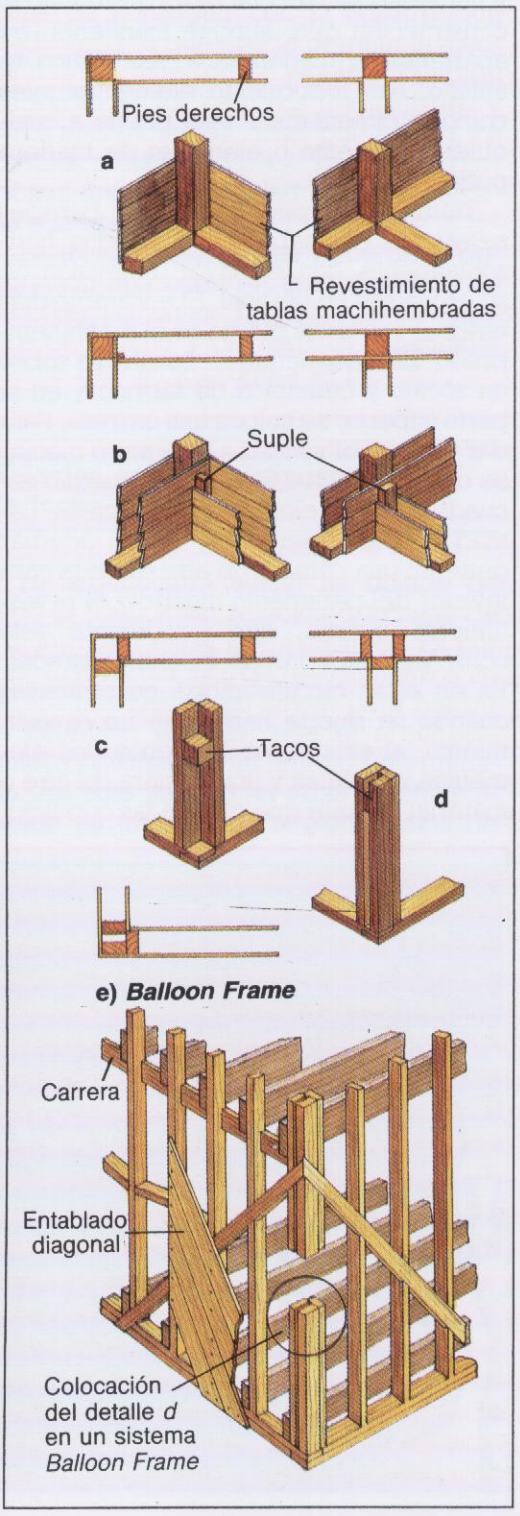


nes acústicas, térmicas y de terminación, de un muro que separa la parte interior de la exterior.

Tabiques con revestimiento constructivo

En este punto trataremos de revestimientos como parte integral y constitutiva de la estructura de un panel de madera.

Figura 95



Por ello, llamaremos revestimiento constructivo a este tipo de recubrimiento cuya función se diferencia del revestimiento adosado y separado de la estructura, es decir, el recubrimiento interno.

En muchos casos, la colocación del entablado en diagonal (45°) sobre la tabiquería de madera permite reforzar estructuralmente el paramento y refuerza la indeformabilidad frente al viento, golpes o sismos *(figura 95 e)*.

Si en lugar de los materiales colocados entre los pies derechos, deseamos resolver un tabique con materiales adosados a sus caras exteriores, en forma de revestimiento, por medio de tablas machihembradas o solapadas, debemos solucionar algunos encuentros como pueden ser las esquinas y los muros en ángulo recto, donde se tiene un pie derecho de sección cuadrada y será difícil clavar los revestimientos interiores, ya que en los rincones sólo disponemos de una arista del pie derecho del tabique *(figura 95 a)*.

Si la estructura ya está terminada en esta forma, podemos resolver el problema clavando primero el paramento o cara de uno de los tabiques y colocando luego sobre él un suplemento o listón auxiliar, para recibir el paramento del segundo tabique *(figura 95 b)*.

Otra solución consiste en reemplazar el pie derecho de sección cuadrada de 10 × 10 cm por dos maderos de 5 × 10 cm, colocados en la esquina como se ve en la *figura 95 c*, o por tres maderos de 5 × 10 centímetros colocados en los encuentros, produciendo entre ellos rincones apropiados para clavar.

En la esquina del tabique, por el lado exterior, suelen clavarse trozos de madera para dar forma al ángulo esquinero a una distancia entre sí que depende de la naturaleza del revestimiento exterior.

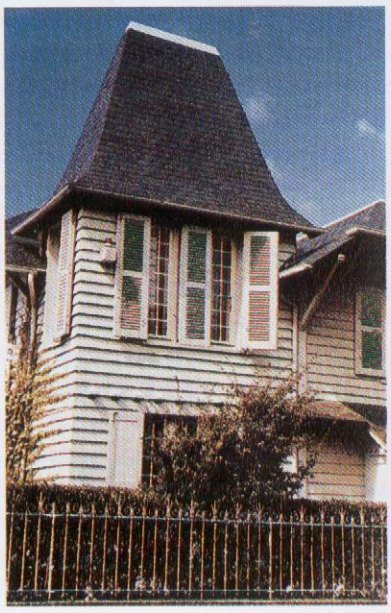
Otra de las modalidades usadas en sistemas constructivos como el *Balloon Frame* es que vayan tres maderos de 5 × 10 centímetros, colocados como se muestra en la *figura 95 d*, con piezas auxiliares espaciadoras entre los maderos paralelos.

Entramado de los tabiques

El entramado es la estructura que sirve de sostén y alma a muros interiores y exteriores, en viviendas construidas íntegramente o en su mayor parte de madera.

Aunque desde principios de siglo fue un sistema de construcción muy usado, actualmente se puede decir que se ha abandonado su uso en las grandes ciudades, para utilizarse preferentemente en construcciones rurales y cabañas de

Arquitectura de principios de siglo, cuando el sistema de entramado para tabiques era muy empleado



temporada, aunque en países donde abunda la madera y su costo es bajo se pueden ver edificaciones muy modernas que se basan en este sistema y cuyos revestimientos son a base de entablado. El entramado de madera consiste en formar un armazón o esqueleto de los muros que se van a construir, y luego estos espacios libres se completan con cualquier clase de revestimiento.

En la *figura 96* podemos ver la trama del tabique de una casa de habitación, que está formado por una solera que descansa en el sobrecimiento, una carrera o frontal en su parte superior, y varios pies derechos o montantes. Otros elementos importantes son sus riostras o diagonales, para triangular el conjunto e impedir su deformación. Sobre el vano de la puerta aparece un dintel y sobre el de la ventana un dintel armado, que se asemeja en su estructura a una pequeña cercha donde la barra central vertical trabaja a tracción. La pieza inferior de este vano suele llamarse peana. El pie derecho esquinero recibe el nombre de cornijal. Este esqueleto o parte resistente de un tabique puede completarse de dos maneras: es posible que lleve un relleno entre sus maderos que cumpla una función de impermeabilizante y protector termoacústico, para formar el muro mismo, o puede estar revestido en sus caras exteriores con materiales planos o planchas.

Según se adopte alguna de las muchas alternativas posibles para revestir el entramado, podrá variar la manera de situar estos elementos básicos, así como los elementos de unión entre unos y otros, las escuadrías y modos de poner en obra cada elemento constructivo.

Las escuadrías más adoptadas para estos entramados dependen del material de relleno, ya que si es ladrillo y se emplean en muros de medio pie, las escuadrías usadas serán de 15 a 16 cm, es decir, superior al espesor del ladrillo puesto en obra. Por lo general, todos los ensambles en las cabeceras, peanas y otras uniones se harán de caja y espiga.

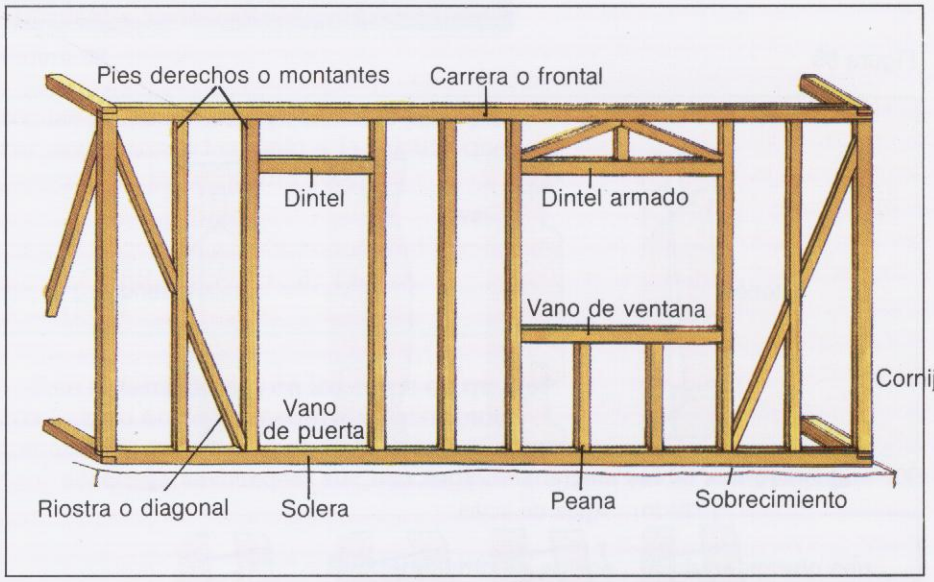
Si se trata del entramado de un edificio de más de un piso, se superpondrán los entramados de manera que la continuidad venga dada por el envigado de cada piso, que quedará aprisionado entre la carrera del entramado inferior y la acción del entramado del piso superior.

PROPIEDADES DE UN TABIQUE

En general, un tabique o muro delgado de una casa debe satisfacer algunas condiciones mínimas, como si está en el interior de la vivienda y sólo sirve de separación entre dos habitaciones, debe ser capaz de aislar el ruido y la vista entre una y otra. Si da a un baño o a la cocina, debe ser también resistente a la humedad. Cuando limita la casa con el exterior, debe protegerla además del frío o del excesivo calor, y su cara externa tiene que ser resistente a la lluvia y, en general, a la intemperie. En todos los casos necesita ser apto para resistir el trato que se da por lo común a un muro, en cuanto a afirmar objetos, el respaldo de una silla, recibir pequeños golpes, colgar una repisa, cualquier instalación sobre el paramento, al mismo tiempo que ha de mantener una apariencia consistente y estética.

En las viviendas de madera, la mayoría de los tabiques deben ser capaces, además, de resistir el peso de la techumbre o el de otro piso superior.

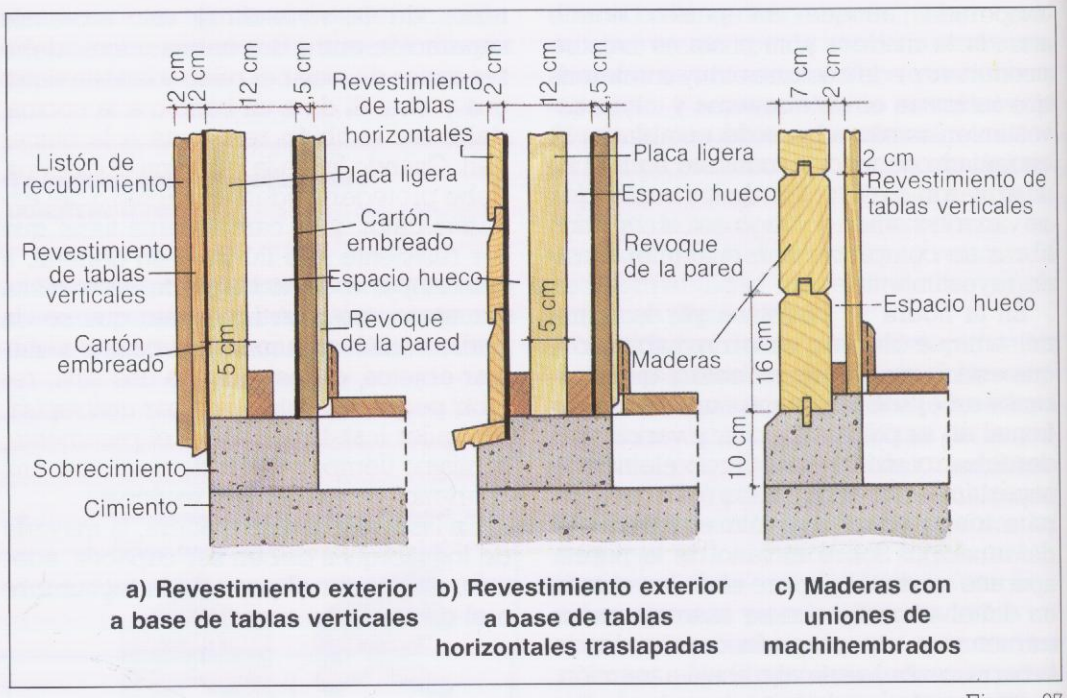
Figura 96



RECUBRIMIENTOS EXTERNOS

Los revestimientos de madera o sus derivados para muros de exterior son de muchos tipos, ya que pueden estar formados con planchas superficiales si se emplea el tablero contrachapado o con piezas más pequeñas, como las tejas de madera o el entablado. Este último sistema es el más usado, ya que a través de tablones y tablas unidas entre sí se evita que el agua, el viento y la humedad puedan pasar del exterior al interior.

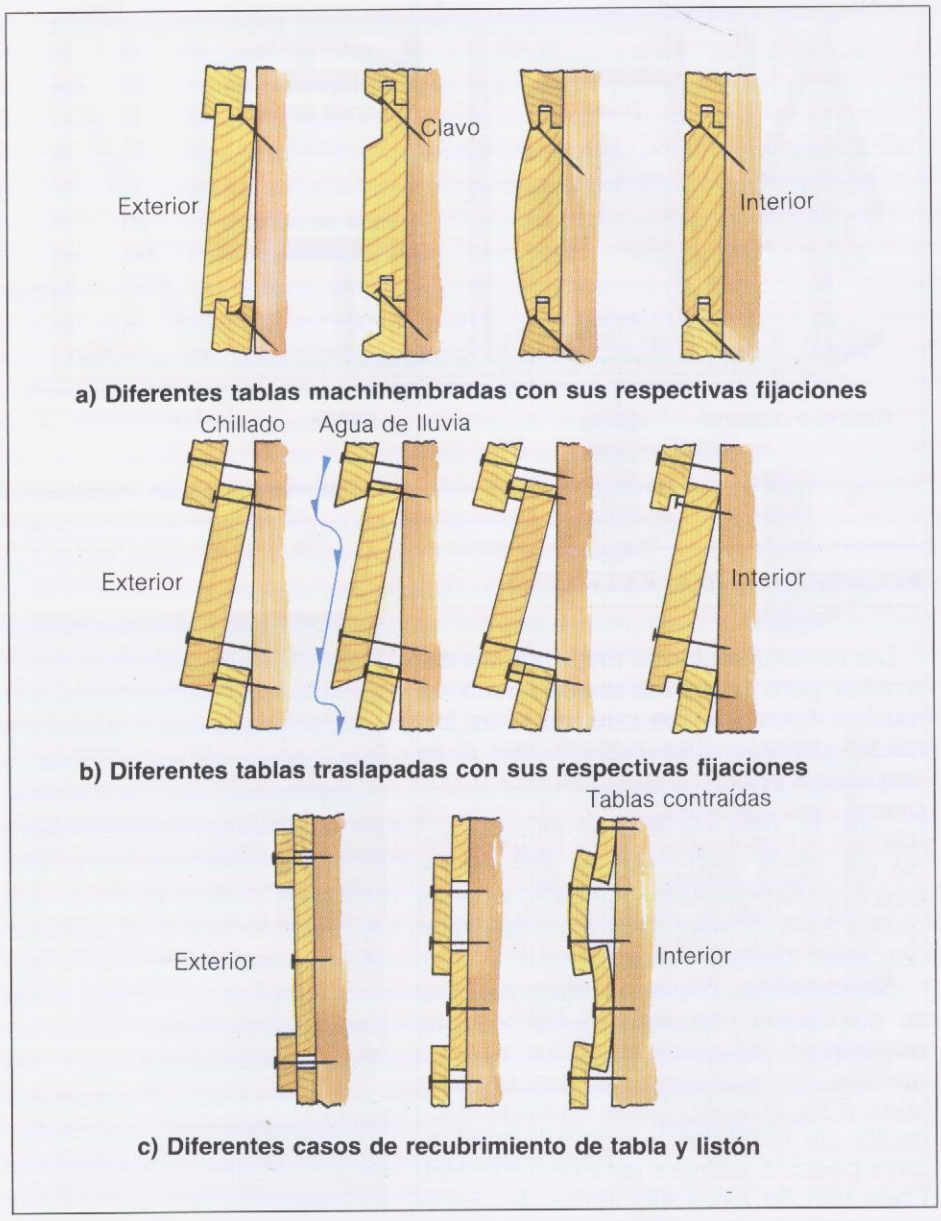
Básicamente, podemos distinguir por su colocación dos familias de recubrimientos en los entablados: los revestimientos de tablas verticales y horizontales, a los que habrá que sumar la colocación de maderas de mayor escuadría, cuya posición siempre será en horizontal. Cada uno de estos elementos de cerra-



a) Revestimiento exterior a base de tablas verticales **b) Revestimiento exterior a base de tablas horizontales traslapadas** **c) Maderas con uniones de machihembrados**

Figura 97

Figura 98



a) Diferentes tablas machihembradas con sus respectivas fijaciones

b) Diferentes tablas traslapadas con sus respectivas fijaciones

c) Diferentes casos de recubrimiento de tabla y listón

miento interior interactuará con otros elementos para formar un paramento consistente, impermeable y apto para la vivienda. En la *figura 97* podemos ver cómo es la unión de paredes en edificios que se recubren de diferentes maneras para obtener de este modo un adecuado aislamiento del exterior.

Recubrimientos de tablas

Las tablas se colocan tanto vertical como horizontalmente sobre el entramado de los tabiques, y dependerá del sistema de unión entre estas tablas que se prefiera un sentido u otro, ya que con los diferentes perfiles de encuentro se pretende tener un paño por el cual pueda escurrir el agua de lluvia, evitándose al máximo la posibilidad de filtraciones por junturas a causa del viento o la simple capilaridad de cada pieza. Por ello, ofrecen una mayor seguridad aquellos sistemas que hagan de sus encuentros un difícil recorrido para los agentes externos.

De la inmensa cantidad de variaciones que hay en la práctica, podemos distinguir cuatro sistemas de recubrimientos de tabla, que unos más y otros menos aseguran la estanquidad de la pared donde se aplican:

LA TABLA MACHIHEMBRADA

Este revestimiento *(figura 98 a)* puede ir instalado tanto en sentido vertical como

horizontal, y la unión entre las tablas es muy semejante a la caja y espiga, ya que un canto de la tabla tiene una ranura y el otro una lengüeta. Virtualmente es más hermético y sólido que el sistema de tabla lisa, además que no se pierden las cualidades tras experimentar una contracción moderada. Esta manera de ensamblar controla además el alabeo de las piezas a causa del secado, ya que la unión siempre permite un juego entre una y otra pieza.

La aplicación de este entablado se extiende a suelos y cubiertas con ventaja sobre el sistema a tope porque a través del machihembrado el conjunto actúa homogéneamente para que, al recibir una solicitación superficial, parte de la fuerza sea transmitida a las tablas adyacentes.

El ancho de las tablas fluctúa en la mayoría de los casos entre 15 y 20 cm, y a la hora de hacer el pedido se debe tener en cuenta que la ejecución de la lengüeta y la ranura supone reducir la anchura de las tablas casi un centímetro, por lo que se solicita con un margen adicional. Es importante también que antes de ser usadas estén lo más secas posible. Los espesores más usados para esta clase de tablas fluctúan entre 1,5 y 3 cm.

LA TABLA SOLAPADA

Este revestimiento *(figura 98 b)* se coloca preferentemente en forma horizontal y tiene como característica que las tablas se montan, en mayor o menor grado, unas sobre las otras, para que al solaparse se evite (en menor grado que en el caso anterior) el flujo de corrientes de aire y agua de lluvia; esta instalación es de más rápida gestión y de más cómoda fijación.

La variedad de tablas solapadas va de las simples tablas aserradas sin ningún secado (chillado), puestas unas sobre otras, a otras con perfiles más complejos que incluyen vierteaguas y sistemas de semimachihembrado.

La apariencia que da este sistema de cerramiento, sea cual sea el tipo de solape, es siempre una textura endentada *(figura 99)*.

Tanto en las tablas machihembradas como en las solapadas, existen procedimientos para enfatizar y remarcar las juntas de modo que se conviertan en un elemento decorativo; entre estos procedimientos está el de practicar acanaladuras en forma de V, generadas por ambas piezas que se juntan, disimulándose con esto los intersticios que se generan inevitablemente por la contracción y dilatación de la madera. En algunos casos las junturas están prensadas para pasar desapercibidas junto a la textura que presenta la tabla *(figura 100)*.

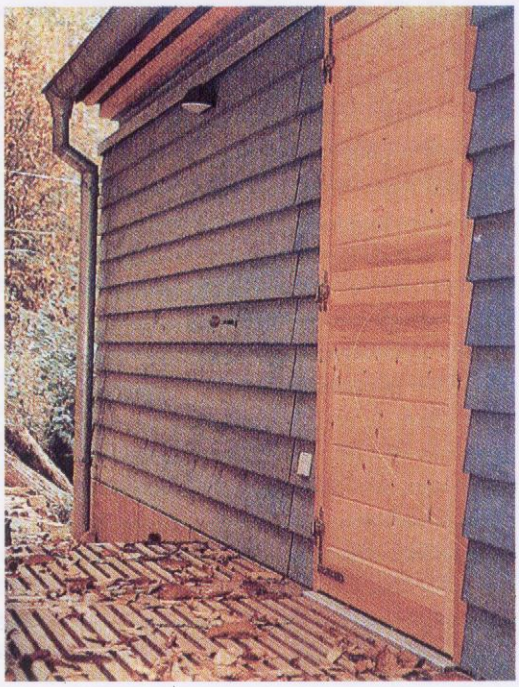
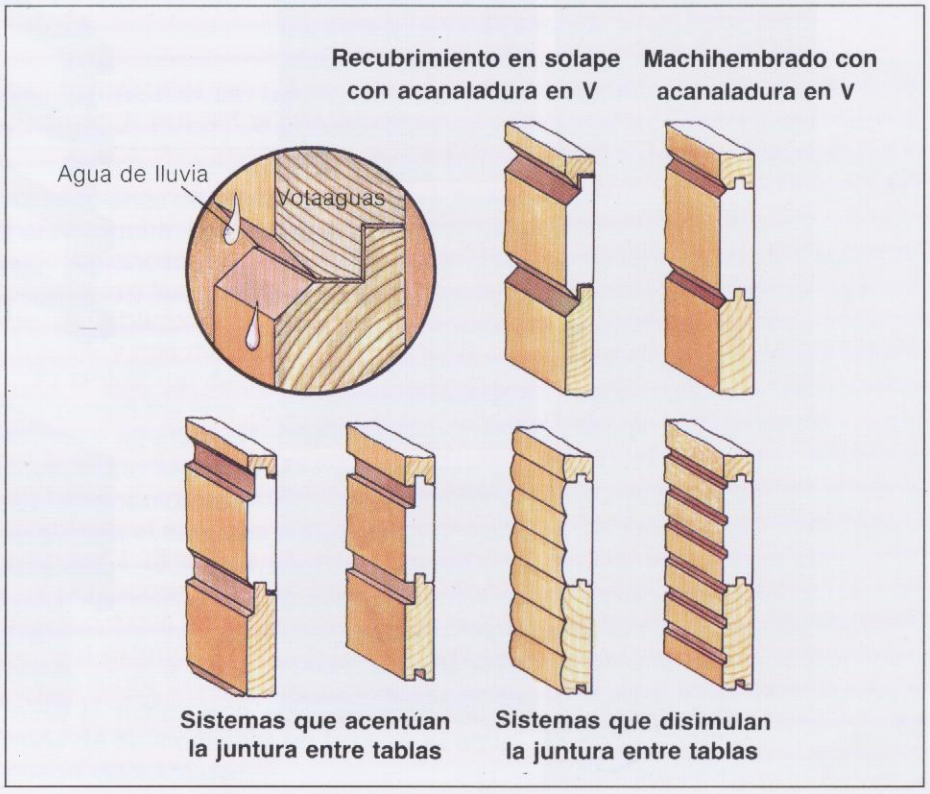


Figura 99

EL RECUBRIMIENTO DE TABLA Y LISTÓN

Este sistema se usa en los casos en que sea forzoso emplear madera sin el debido tratamiento contra la humedad y que aún esté verde, para construir un recinto que,

Figura 100



sin embargo, pueda soportar las inclemencias atmosféricas una vez que la madera esté completamente seca. Este tipo de cerramiento se realiza con tablas de una anchura mínima de 20 cm y listones o listoncillos de 2,5 × 5 cm o 2,5 × 7,5 cm de sección. Para su instalación, un borde de la tabla se clava a la estructura mientras que el otro se deja libre para que se mueva al contraerse por secado, pero se mantiene en posición con el listón. Si las tablas son demasiado anchas, de 35 cm o más, se emplean unos clavos adicionales a 15 cm del borde fijo. La situación de los listones está determinada por la que tenga entramado de madera que le hará de soporte.

El listón que soporta las tablas puede estar en algunos casos reemplazado por una tabla igual a la que se soporta, de esta forma la trama generada es más apretada al ser la distancia entre tabla y tabla más regular y tupida.

Es importante observar que cuando se usen tablas de igual escuadría para completar este recubrimiento debe tenerse el cuidado de colocar las tablas encontradas (las superiores y las inferiores) en función de sus fibras tangenciales, de manera que cuando la madera se contraiga, según su estructura leñosa, las curvaturas propias de la deformación de una tabla descentrada ayuden a que exista mayor contacto y presión entre tablas solapadas *(figura 98 c)*.

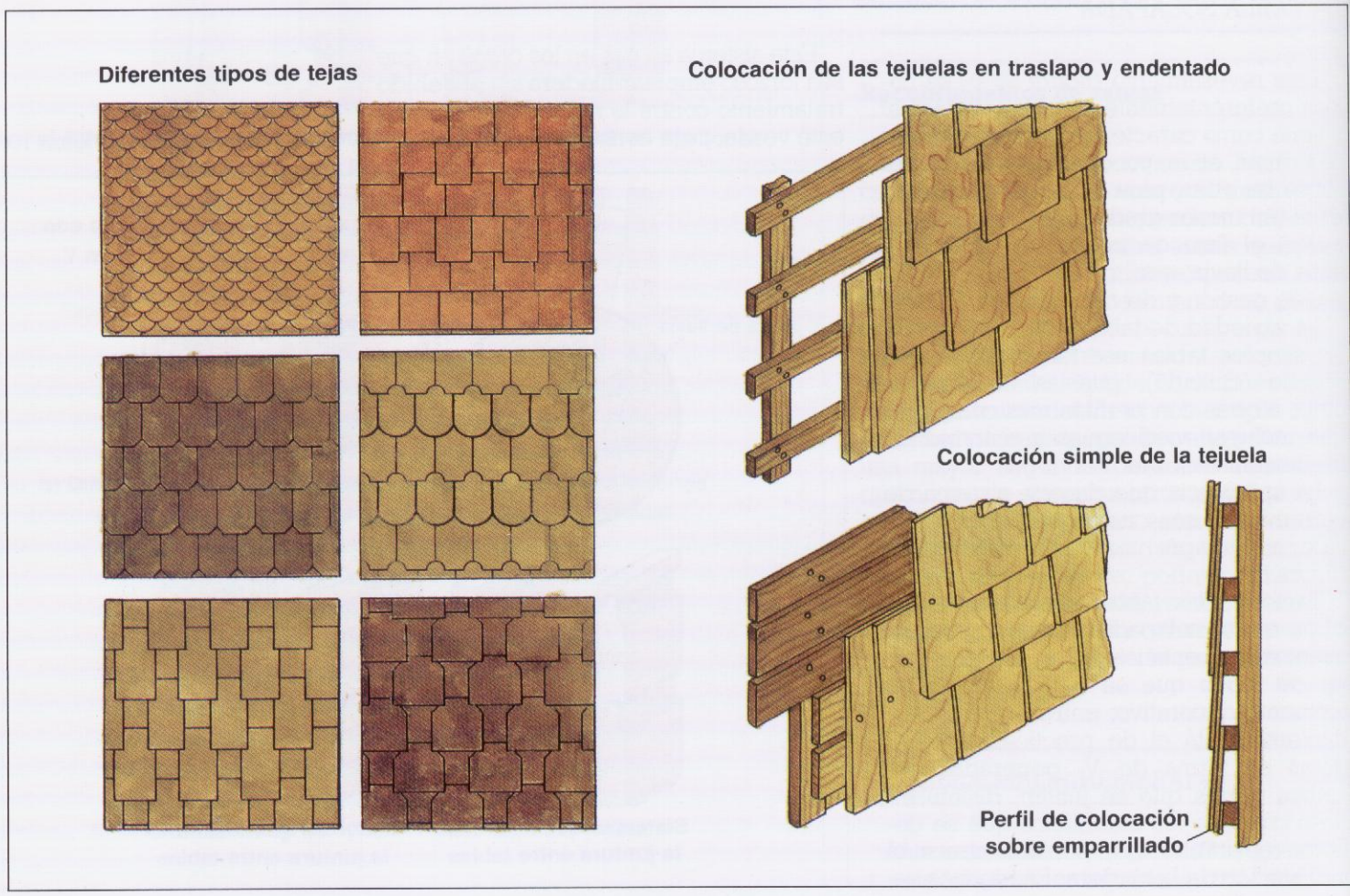
TEJAS DE MADERA O TEJUELAS

Es un sistema de cerramiento muy característico, y en cierta medida es de la familia de los recubrimientos mediante tabla solapada, ya que está constituido por elementos de formato rectangular, de diferentes maderas resistentes a la intemperie, como pueden ser el cedro rojo, la acacia, el alerce y en general cualquier madera que no sufra grandes transformaciones con los cambios de temperatura. La relación entre el largo y el ancho de cada tejuela será la que se muestra en el *cuadro VIII*.

Largo de la tejuela	Ancho de la tejuela	Solape libre entre una pieza y otra
40 cm	20 cm	19 cm
45 cm	25 cm	21,5 cm
60 cm	30 cm	29 cm

Cuadro VIII

Figura 101



Como las tablas solapadas, las tejuelas irán sobre un emparrillado o estructura de listones sobre el muro que haya que revestir; según la forma o terminación de cada tejuela se van ordenando y traslapando, a fin de lograr efectos decorativos muy elaborados *(figura 101)*.

Las posibilidades de terminación para este sistema de cerramiento son infinitas, ya que depende de la forma que tome la parte visible de la tejuela, pudiéndose en algunos casos hacer combinaciones en un mismo paramento, de diferentes tipos de tejas de madera, enriqueciéndose así las posibilidades expresivas que puede alcanzar un recubrimiento, más allá de su nueva función práctica *(figura 102)*.

Una de las ventajas que tiene este sistema sobre otros (como el machihembrado) es el grosor que pueden alcanzar las tejuelas superpuestas, que en muchos casos y según la forma de su disposición puede ser equivalente a dos o tres piezas, consiguiéndose con esto un revestimiento grueso, impermeable, compacto y a la vez muy elástico. En contrapartida la instalación es más ardua y lenta que en los recubrimientos anteriores, además de ser más costoso tanto el soporte como los elementos que componen su superficie. Otra de las ventajas será la de que los clavos de sujeción quedan muy protegidos entre el solapamiento de una pieza y otro, evitándose con esto que el clavo, al oxidarse, pueda teñir la cubierta.

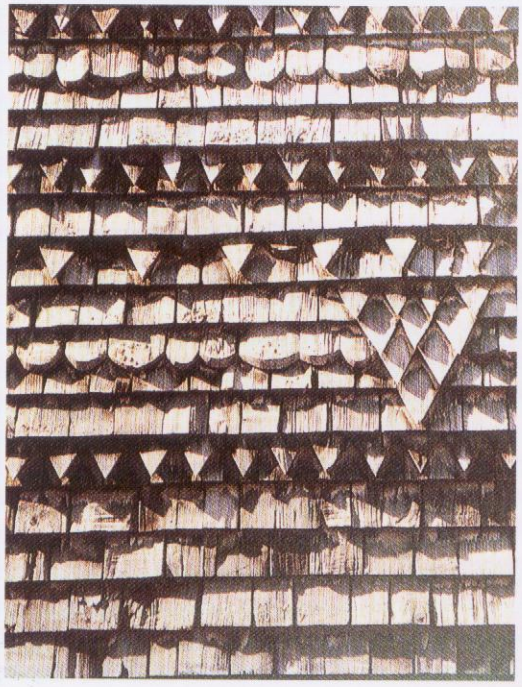


Figura 102

Empleo del tablero contrachapado en revestimientos de exterior

Los contrachapados exteriores se utilizan para resistir la acción permanente del agua y de la humedad.

Para los paneles de fachada y otras aplicaciones recientes de la industria de la construcción, en los cuales los tableros están expuestos a la intemperie, a menudo se utilizan chapas gruesas y sin fendas más un acabado en forma de un untado de resina sintética o de laminado.

Para los usos en que tengan que soportar esfuerzos, la composición, la especie, el número de capas y el grueso de cada capa están en función de un empleo particular, teniendo en cuenta la resistencia mecánica exigida, por ejemplo, en la construcción de cascos para embarcación y competición, la de vehículos como vagones de ferrocarril, en la fabricación de vigas o elementos de estructura.

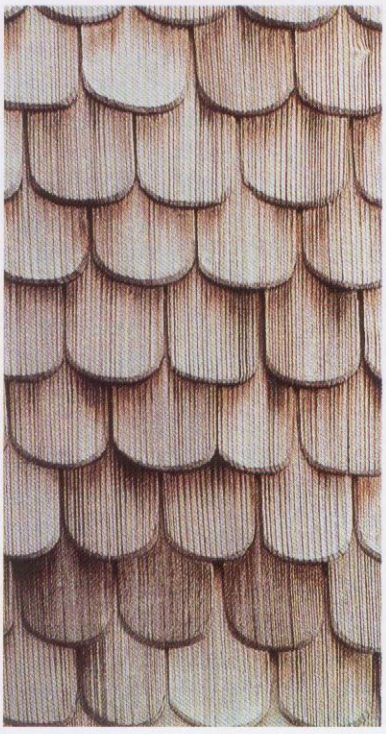
En todos estos casos de solicitación particular, el usuario acordará con el fabricante el contrachapado exterior que se adecue a cada caso. El radio de curvatura o de puesta en forma, la carga estática y el esfuerzo dinámico que estos tableros tienen que resistir depende al mismo tiempo de la especie de madera, la calidad del desenrollo, el grueso de la chapa y la composición del tablero. Los tableros que soportan esfuerzos frecuentes deben tener, para un mismo grueso, un mayor número de chapas que los tableros corrientes o aquellos utilizados para fachada, exigiéndose un mínimo de cinco chapas para un grueso superior a 6 milímetros. El grueso individual de cada chapa no podrá ser superior a 36/10 mm.

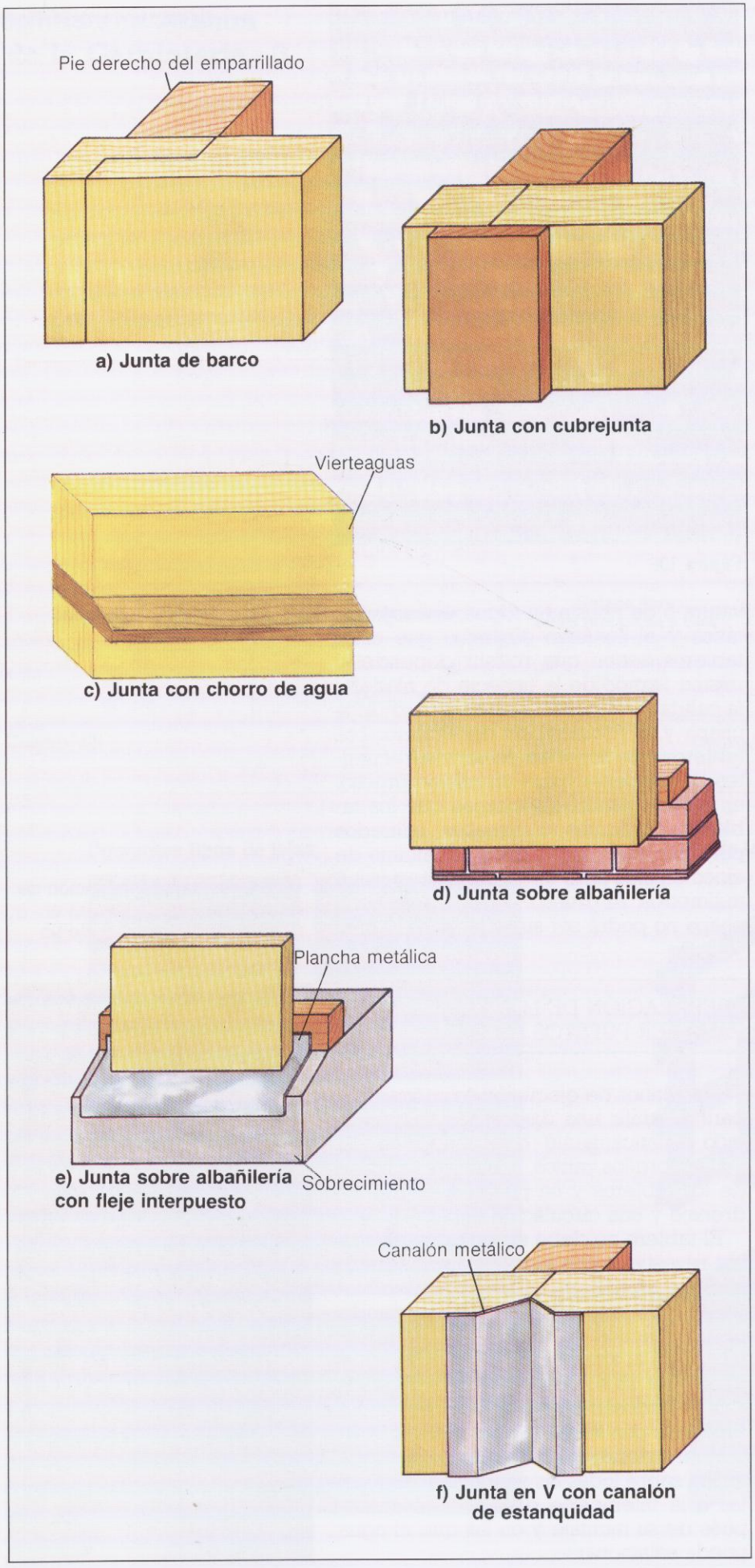
PREPARACIÓN DE LOS TABLEROS PARA SER PUESTOS EN OBRA

Los planos de ejecución se concebirán para permitir una disposición que evite todo estancamiento o acumulación de agua sobre los cantos, ensambles o juntas de los tableros y se pueda asegurar un drenaje y una circulación eficaz.

El tablero no debe empotrarse en muros revestidos con yeso o muros de hormigón o albañilería, si no ha recibido un tratamiento especial. Para la instalación en paramentos exteriores se usan tableros, secos al aire, con una humedad entre el 10 y el 15 %. Los poros de los cantos son cuidadosamente tapados con un hidrófugo o con varias manos de una buena pintura exterior. El mismo tratamiento se aplica sobre todas las superficies expuestas a la intemperie e inaccesibles después de su montaje y en las que el agua pueda estacionarse.

La tejuela cumple la función de las escamas de un pez en el recubrimiento exterior de un edificio





ENSAMBLAJE Y MONTAJE DE LOS PANELES

En el momento de ensamblar y montar los tableros sobre la estructura soportante o emparrillado se debe dejar una separación de 1 mm entre un panel y otro a modo de junta de dilatación.

Todas las juntas, así como los espacios intercalados que existan en la instalación y orificios de penetración de las puntas o tornillos de gran diámetro, son impermeabilizadas con alguna sustancia o material tapaporos.

La fijación de los tableros sobre sus soportes puede efectuarse por encolado, clavado o atornillado; si se emplea una técnica de encolado, debe asegurar una resistencia y una duración, por lo menos equivalente en su fuerza de fijación a los encolados de las chapas entre sí.

ACABADO DE LOS TABLEROS

Las superficies expuestas a la intemperie se pueden proteger con una o varias manos de una solución oleaginosa y de conservación o de una buena pintura para exteriores, mediante una capa de impregnación bastante fluida más una capa de acabado cargada de pigmentos.

Si se quiere mantener la apariencia maderera de las superficies, se puede utilizar revestimientos como barnices grasos o sintéticos. Existen tableros contrachapados recubiertos de fábrica con barniz o productos sintéticos, en forma de un untado líquido o en forma de una película. La utilización de estos tableros permite una economía de mano de obra.

ESTANQUIDAD DE LAS UNIONES

Dentro de los principales empleos de los tableros exteriores, los muros verticales y los tejados presentan problemas de impermeabilidad, por lo que se han desarrollado varios tipos de encuentros, tanto entre paneles como entre los elementos de la construcción, como pueden ser sobrecimientos, vierteaguas y emparrillados *(figura 103)*.

En todo caso se puede hacer una proyección de la vida útil de un panel contrachapado para exterior, si es que se han tomado todas las medidas para evitar su deterioro precoz.

Figura 103

6 Suelos

La madera se emplea para suelos en aquellos países donde abunda este material, aunque se utiliza con costos mayores en construcciones de lujo ubicadas en todo el mundo.

El suelo está formado por un conjunto de piezas, tanto en formato de tabla como en formato de parqué, que se ubicarán sobre estructuras de madera, como pueden ser vigas, ristreles o entarimados. La ventaja que presenta este revestimiento es su fácil colocación, su propiedad de aislante térmico y acústico, pero sobre todo será su calidez ambiental, como producto natural tanto en interiores como exteriores. En edificios que se encuentren en un entorno muy natural y boscoso se puede contar con una superficie de terraza o balcón en madera rústica que permita establecer un nexo entre el interior artificial y el exterior natural *(figura 104)*.

Según la distribución, forma y clase de madera que se emplee, los suelos se pueden clasificar en estos tres tipos: suelo entarimado, suelo entablonado y suelo entarugado.

ENTARIMADOS

El entarimado está formado por tablas de 7 a 15 cm de ancho, con un espesor de 2,5 a 3,5 cm, con las cuales se reviste el suelo de los edificios en construcción. Estas tablas van usualmente unidas unas con otras mediante el sistema de machihembrado y descansan sobre listones gruesos, los durmientes o ristreles.

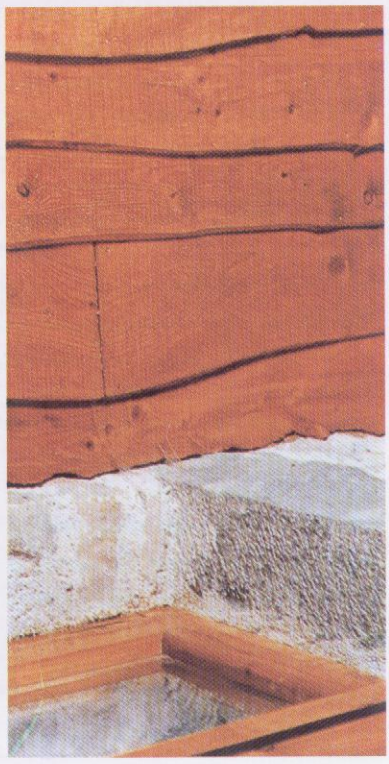
El entarimado o entablado de suelo puede ser sencillo, usándose para ello tablas de un largo estándar (3,0 m), o con dibujos, mosaicos y otros diseños que se pueden lograr con piezas más pequeñas llamadas usualmente parqué.

Durmientes (estructura del entarimado)

Esta forma de resolver un pavimento de madera, muy usada hasta la década de los cuarenta, comenzó a ser reemplazada por un sistema completamente nuevo, el parqué de madera sobre hormigón. Antiguamente se colocaba el parqué, en general de madera muy fina, sobre un entablado corriente, que descansaba, como los otros, sobre un durmiente. En cuanto el nuevo sistema comenzó a igualar en costo al anterior suelo de tablas, se generalizó su empleo casi de inmediato. En la actualidad, además de esta especie de baldosa de madera existen la baldosa de plástico, la de goma, las de tejidos sintéticos y, desde luego, la de cemento, todas con el factor común de requerir una base plana de hormigón. Solución completamente diferente a la del durmiente. Sin embargo, para el caso de viviendas de madera o edificaciones que precisen un pavimento más flexible, se justifica la construcción de un durmiente.

Los durmientes o vigas maestras se colocan aproximadamente a 1,5 m entre sí y tienen una escuadría de 7,5 × 15 cm. El nivel de su cara superior es aconsejable

Figura 104



que quede a la misma altura de la cara superior de la solera de los tabiques, para apoyar en estas últimas el envigado propiamente. Dichas vigas maestras pueden descansar en sobrecimientos corridos o puntales, siendo la distancia entre este último apoyo de hormigón igual a 1,5 m *(figura 105)*.

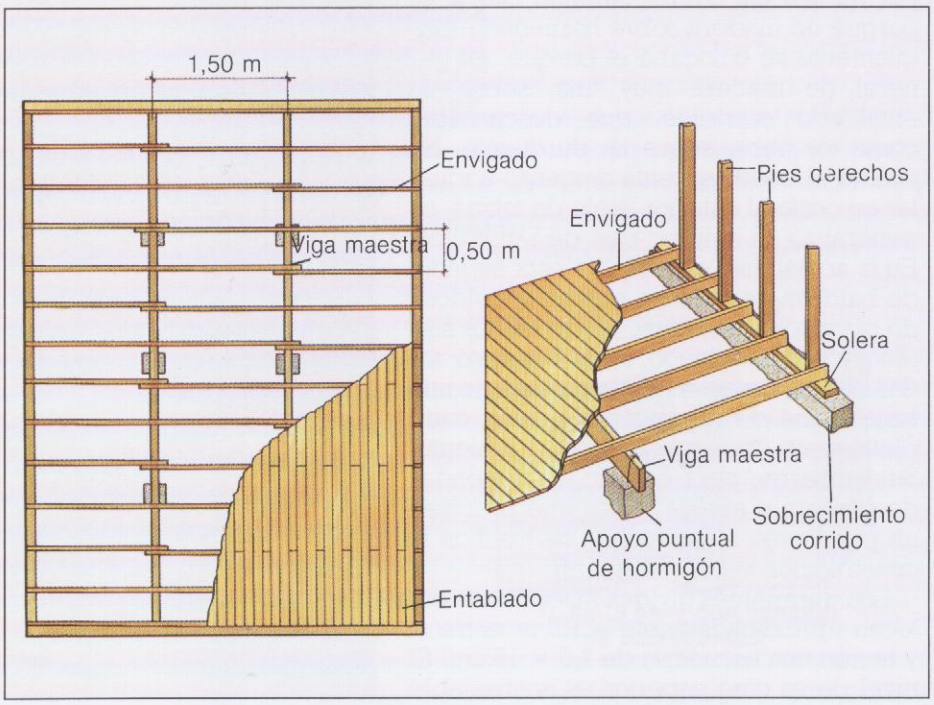
El mismo envigado va aproximadamente a 0,45 m de cada eje y la escuadría de cada viga será de 5 × 10 cm, y como se indica en la figura sus extremos van apoyados en la solera del tabique, tratando de distribuirlos entre los pies derechos, que por lo común van a distancias diferentes. La unión entre las piezas del envigado se hace cruzándolas, una al lado de la otra, frente a una viga maestra.

Para la colocación del entarimado debe tenerse la precaución previa de pulir la cara superior del envigado, de tal modo que exista una superficie nivelada de contacto.

Hay que tener presente que el entablado se coloca a lo largo del eje mayor de la superficie que ha de revestirse, mientras que el durmiente se dispone a lo ancho. Como hay plantas de casas o edificios que no son perfectamente cuadradas ni rectangulares, se tendrá que cambiar de sentido el durmiente según corresponda, lo cual determina un cambio en el sentido del entarimado. Por esto no se debe cambiar la dirección del entablado dentro de una habitación, sino que se deberá hacer coincidir la unión exactamente debajo del dintel de la puerta.

La colocación de los durmientes es distinta, según sean en planta baja o alta, denominándose envigado de suelo, o simplemente suelo, al durmiente para niveles superiores.

Figura 105



Envigado de suelo

Se denominará de esta manera el entramado que va entre dos pisos de un edificio. Por no tener apoyos intermedios —salvo que convenga poner vigas maestras entre los apoyos más próximos—, son por lo general de escuadrías bastante mayores.

Las vigas mantienen en su espesor los 5 cm, variando solamente el ancho de la escuadría, según la luz que se desee cubrir. Esto es debido a la mayor influencia que tiene la altura en una viga que trabaja a flexión. La distancia entre una y otra viga es, como en el caso del durmiente, de 0,45 m, medida de eje a eje.

Las luces máximas que se pueden cubrir, para soportar una carga de 200 kg por m^2 (estipulada como mínima resistencia al peso de una estructura de piso en altura), son las siguientes, con las escuadrías que se indican: envigados de 5 × 20 centímetros, hasta una distancia máxima entre apoyos de 4,20 m; envigados de 5 × 25 cm, hasta 5,30 m y de 5 × 30 cm, hasta 6,20 m.

Es necesario insistir, frente a las escuadrías que acabamos de señalar, que deben cumplirse tres condiciones para que estas sean válidas: que las vigas sean de roble, que la distancia entre ellas sea de 0,45 m de eje a eje y que la carga que recibe el suelo sea de 200 kg/m^2. Como es natural, se trata de disponer el envigado en el sentido de la menor luz del recinto que se cubre.

En una vivienda se trata por lo general de que todos los entablados estén en una misma dirección. Cuando hay recintos de formas diversas, no siempre se puede dar al envigado la dirección de la menor luz.

Una solución a este problema puede hallarse en la utilización de vigas maestras en pisos superiores. Se trataría de disminuir las luces con dichas vigas de modo que quedasen distancias iguales salvadas por el envigado en un mismo sentido.

Las vigas maestras deben tener mayor espesor lateral, para no aumentar demasiado su altura y, por igual motivo, se colocan al mismo nivel del envigado, dejando cortadas las piezas que se apoyan en ellas *(figura 106)*. Es importante recalcar que si el envigado está compuesto por piezas continuas en vez de estar cortadas, trabajará mejor, pero esto no se hace porque se tendría que colocar encima de la viga maestra, con lo que la al-

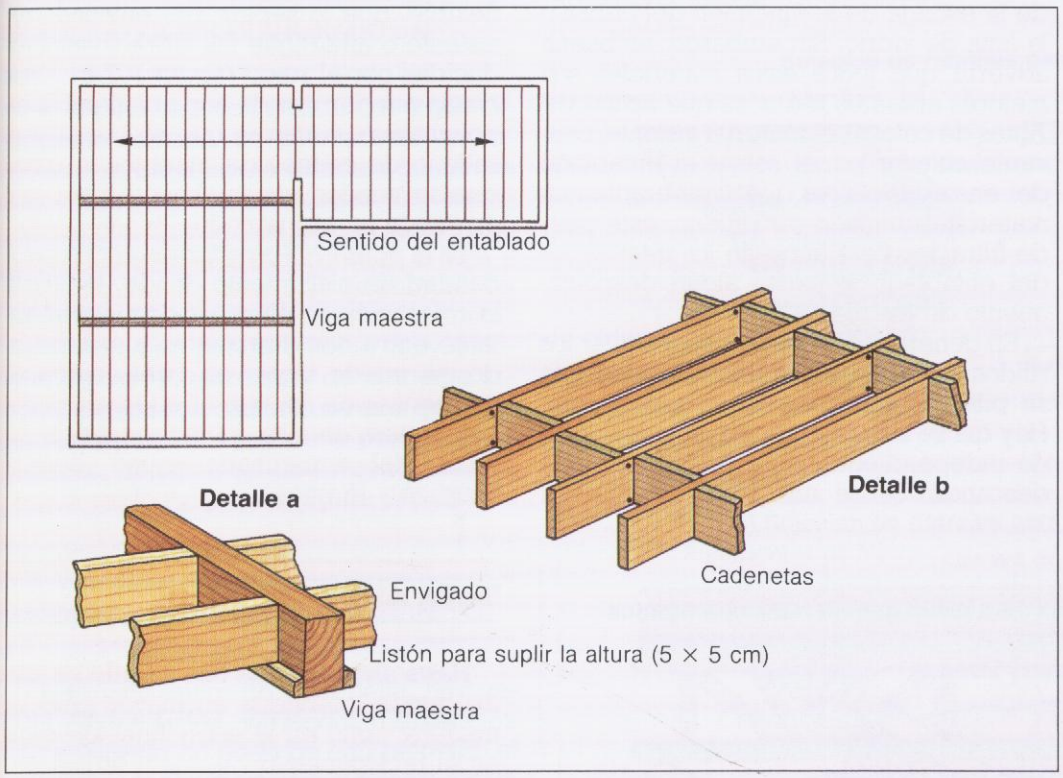


Figura 106

tura aumentaría y el sistema se haría más complejo; además, no siempre es fácil conseguir maderos muy largos.

LAS CADENETAS

Si analizamos la sección de una viga, veremos que la mayor altura de estas en relación a su espesor hace aparecer en ellas el peligro de volcamiento o el de torsión. Para evitarlo es necesario poner entre una y otra un sistema de arriostramiento transversal llamado cadeneta, y con el cual se logra tener una superficie más estable e indeformable para el revestimiento que lo cubrirá.

Este refuerzo puede estar formado por trazos de viga de la misma escuadría, colocados de tope entre ellas, a una distancia de 1,5 a 2,0 m, entre una cadeneta y otra. Para poderlos clavar de cabeza, se ponen ligeramente desplazados unos en relación con los otros, como se puede ver en el detalle *b* de la *figura 106*. Esta modalidad se suele llamar cadeneta llena. Existe otro procedimiento llamado en cruz, en el que en lugar del trazo de madero lleno, cuyo uso sólo se justifica en caso de que se produzcan suficientes despuntes o puedan aprovecharse maderos defectuosos, se colocan dos listones cruzados en forma de X, para lo cual basta preparar un listón de 2 × 8 cm, como plantilla, para repetirlos después en serie, en la cantidad necesaria.

ESTRUCTURA PARA EL AISLAMIENTO

En algunos países se suele llamar ensordinado al entablado intermedio que va entre las vigas, a mitad de su altura y a la capa de material aislante que se apoya en él con el fin de reducir la transmisión de ruidos que se produce entre un piso y otro.

Esta estructura suele estar constituida por un entablado rústico, en el que se aprovechan los trazos de tablas sobrantes de los moldajes, sostenido entre dos listones, clavados lateralmente en las vigas *(figura 107 a)*. Los listones que sirven de apoyo al entablado pueden ser de 2,5 × 2,5 cm, y las tablas que descansan en ellos pueden hacerlo sin necesidad de estar clavadas.

En un principio, el aislante usado era el barro, en una capa de unos 5 a 6 cm, siendo su inconveniente principal el excesivo peso adicional que le agregaba a la estructura del suelo, ya que significaba incrementarlo en 85 kg/m^2. De manera que una habitación de 6 × 4 m soportaría por este concepto un peso muerto de 2.040 kilos. En la actualidad hay aislantes más eficientes y livianos que el barro, que hacen bajar los 85 kg/m^2 hasta 1 kg/m^2.

Algunos de los materiales aislantes más usados actualmente son el poliestireno expandido, cuyo nombre varía si está en forma granulada. También hay aislantes granulados a base de una lana obtenida

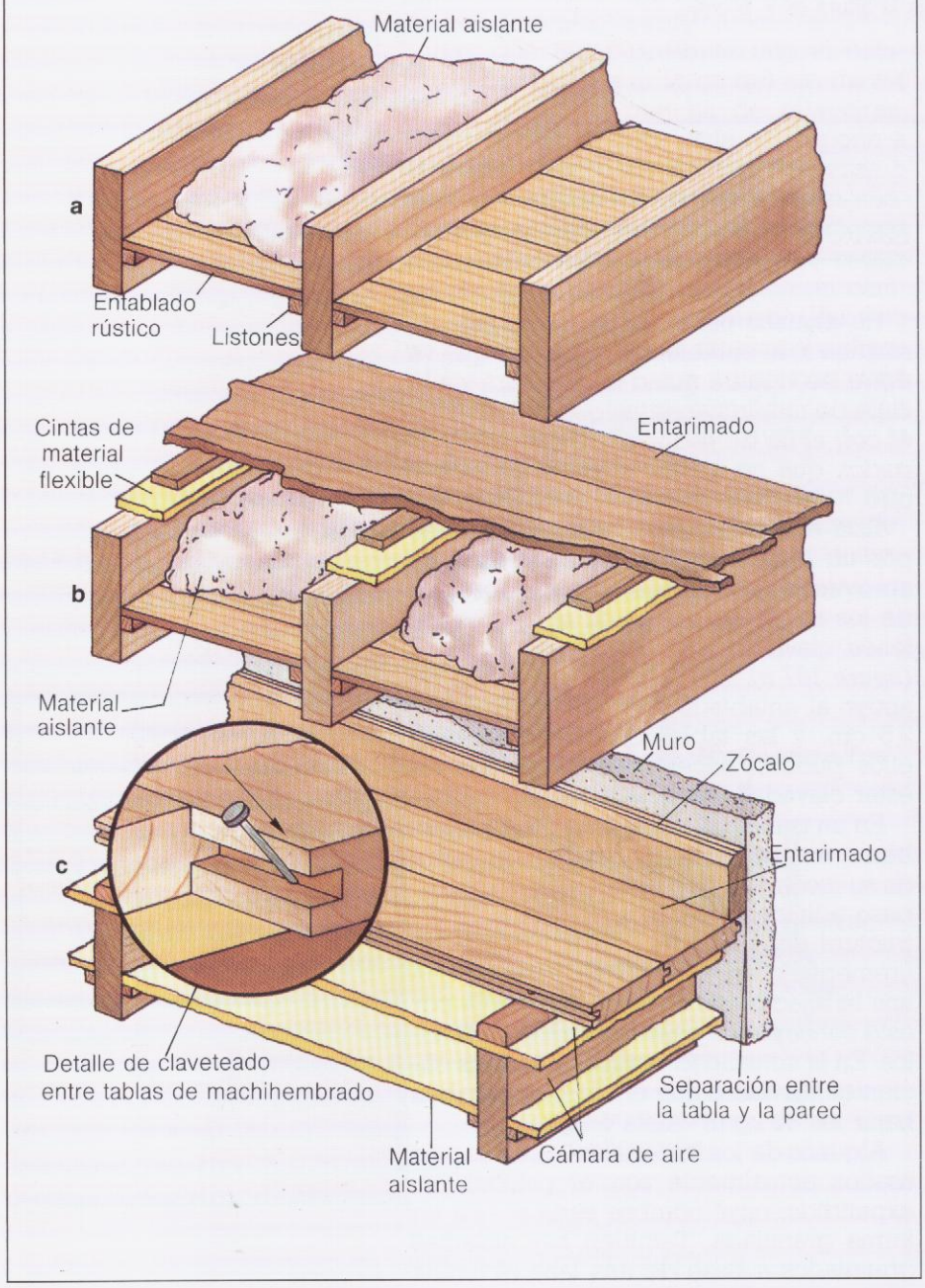
de la escoria de la fundición del cobre o la lana de vidrio. Sin embargo, es bueno advertir que todos estos materiales son mejores aislantes térmicos que acústicos. Antes de colocar el material aislante, conviene colocar papel sobre el entablado del ensordinado, ya que si se emplea un material granulado de relleno, éste puede filtrarse por alguno de los intersticios del entablado si existe algún desplazamiento de las piezas.

En general es bastante difícil anular los ruidos de pasos o pequeños golpes que se puedan transmitir de un piso a otro. Hoy día se recomienda clavar el entablado independientemente en listones que descansan sobre una cinta de material flexible, que lo separe del envigado resistente o amortigüe las vibraciones producidas por el ruido *(figura 107 b)*. Estas cintas pueden ser de espuma flexible de poliuretano, la misma que se usa para el relleno de cojines de muebles, o cintas que se venden especialmente para este cometido en el mercado.

En la *figura 107 c* podemos ver otra modalidad de aislamiento donde, mediante la colocación de planchas de material aislante entre dos durmientes y el entablado, se puede lograr un buen índice de insonorización, ya que al quedar una doble cámara de aire, se incrementa la calidad del entarimado como barrera acústica y térmica.

Figura 107

Disposición de los durmientes para pisos que no transmitan ruidos



Suelos mixtos

Hasta ahora sólo se han tratado los suelos donde interviene en mayor grado la madera, tanto en la estructuración como en el revestimiento.

Pero existen otros tipos de suelos, en los que junto con el entarimado se emplean otros materiales de sustentación, como hormigón, ladrillo o envigados metálicos. En cada uno de estos casos existen medios y sistemas adecuados para unir estos diferentes materiales con el revestimiento de madera.

MADERA-MADERA

Cuando se trata de pisos con vigas de madera no hace falta colocar durmientes, siempre y cuando no se trate de un piso superior, en todo caso las mismas vigas sirven para clavar las tablas, como se ve en la *figura 107*. Se debe tener el cuidado de que las vigas estén bien cepilladas y niveladas para obtener un entarimado parejo y a nivel.

MADERA-HIERRO

Si el piso tiene vigas de hierro, los ristreles se sujetan mediante tornillos, con un agujero previo en la viga *(figura 108 a)*. Otra modalidad es la de usar placas metálicas soldadas a la viga metálica y atornilladas a la viga de madera *(figura 108 b)*. Si nos interesa dejar la viga metálica en contacto con el entarimado, de modo que se encuentre junto a la viga de madera, al mismo nivel, se coloca una placa metálica de la forma que se indica en la *figura 108 c*.

MADERA-VIGAS DE HORMIGÓN

Si el piso está constituido por vigas de cemento armado, se colocará el entarimado casi en contacto directo con dichas vigas, mediante abrazaderas de hierro sujetas con tornillos de cara al entablado, y embutidas en el intersticio entre la viga y los paneles, de cara a la estructura de hormigón. Es una unión que en términos de aislamiento puede resultar muy efectiva, ya que la estructura de cemento armado cuenta con cámaras de aire que, junto a la separación generada por las abrazaderas, constituyen una buena barrera contra ruidos y golpes *(figura 108 d)*.

MADERA-LOSAS DE HORMIGÓN

Para esta unión de materiales hay varias modalidades, variándose la sección del envigado, su posición con respecto al entablado y el sistema de fijación a las losas de hormigón. El primero de ellos consiste en un entablado de listones o filetes de madera, por lo general achaflanados y empotrados en el hormigón, formando una solera. Una vez colocados los filetes o piezas de madera bien nivelados y enriostrados se vierte el hormigón hasta la altura conveniente, cuidando de impermeabilizar adecuadamente todas aquellas caras de los listones que queden en contacto directo con el hormigón, ya que el agua contenida en esta mezcla puede pudrir rápidamente la madera. Por esto se emplea un hormigón lo más seco posible y se incluye en el curado de la madera un tratamiento con creosota. Sobre los filetes de madera se clava el entablado que se haya elegido como pavimento *(figura 108 e)*.

Para evitar la posibilidad de que la madera pueda pudrirse con el contacto del agua contenida en la mezcla de hormigón se emplean otros sistemas de fijación, como puede ser el de abrazaderas que se fijan al hormigón muy férreamente, que, al sostener al envigado fuera de la mezcla, permiten que las piezas queden más aireadas, siendo más fácil de vigilar y de cambiar cualquiera de ellas si se presentan síntomas de descomposición.

Estas abrazaderas pueden ser de muchos tipos y formas, siendo la más usada la llamada de punta de lanza, que lleva unas patas o alas de forma análoga a su nombre, de manera que por unos resaltes que tiene se fija al hormigón por su parte inferior, mientras que superiormente lleva unas orejas, en donde penetra el listón o pieza de madera, que se clavan a nivel una vez que estas piezas metálicas estén bien fijas al hormigón fraguado.

Una manera de instalar las abrazaderas en el hormigón puede ser mediante la utilización de una plantilla formada por dos tablones largos, separados adecuadamente para que las abrazaderas penetren entre ellas, alineándose y fijándose a las medidas requeridas. Sobre la plantilla se hacen unas muescas o marcas que indican las distancias a las que queremos distribuir las abrazaderas (cada 40 cm, usualmente), que se irán colocando después de ser vertido y nivelado el hormigón, de manera que las patas de las abrazaderas puedan penetrar en el hormigón aún tierno, lo que permite su correcta colocación mediante ajustes tanto

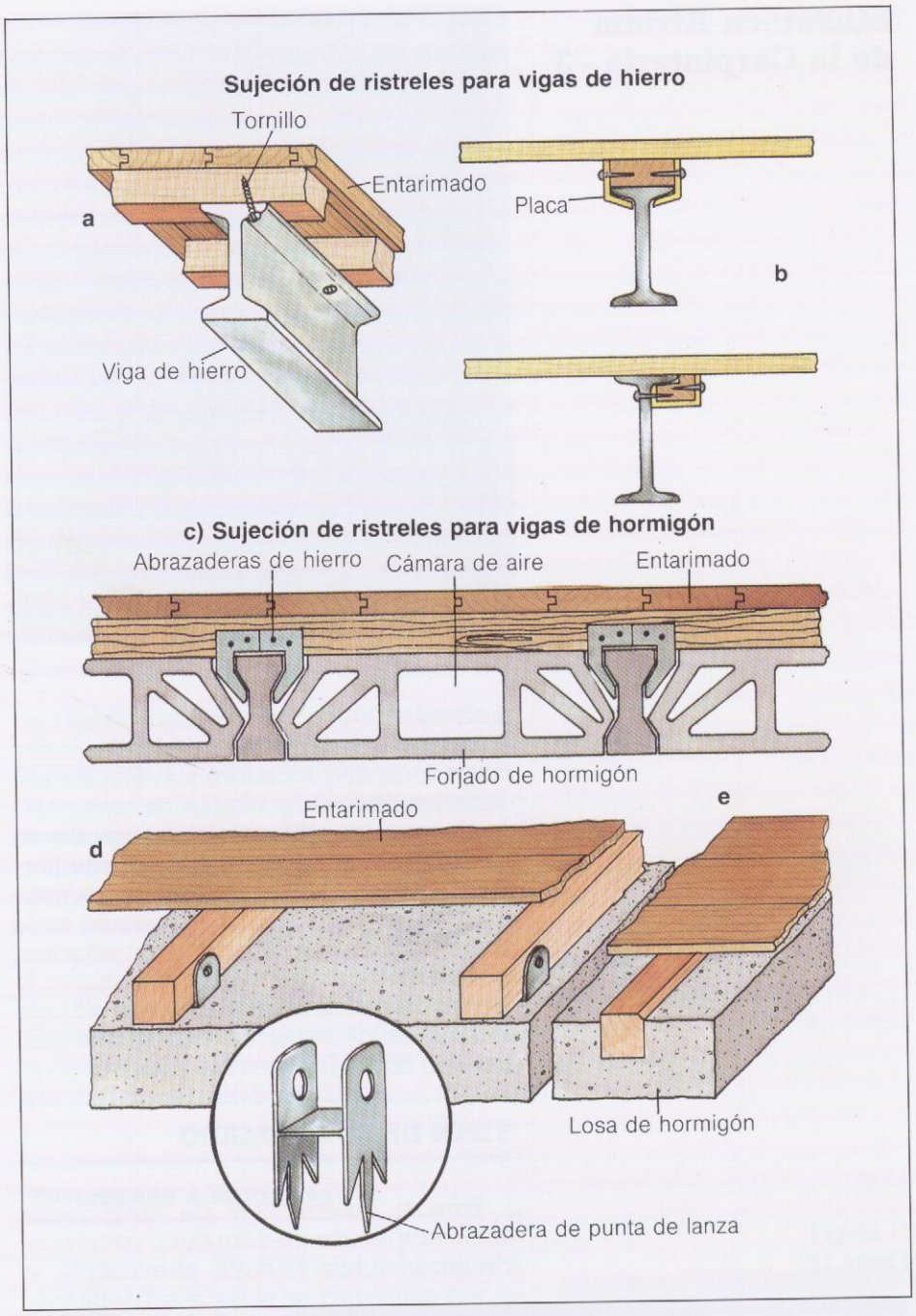


Figura 108

Figura 109

verticales como horizontales. Posteriormente, y al igual que en todos los casos anteriores, se procederá a la fijación del entarimado.

Cuando un edificio tenga más de un piso, donde no se empleen losas de hormigón para el suelo de los niveles intermedios, existe una solución basada en la utilización de un forjado aligerado con piezas de cerámica, donde el empotrado de las abrazaderas metálicas se efectúa en la capa de compresión del hormigón.

TIPOS DE ENTARIMADO

Para la construcción de entarimados suele emplearse madera dura, como puede ser el roble, el haya, el eucalipto, el nogal o la ukola, entre otras. Si se utiliza la madera del pino, es necesario que no contenga nudos, ya que dichos accidentes se convierten en montículos con el roce del uso, por ser zonas más duras.

Con referencia a las escuadrías elegidas, tienen un mejor comportamiento mecánico aquellas que son estrechas, ya que su contracción es menor, con lo que se puede lograr una perfecta y constante unión entre las piezas.

Hay entarimados o solados cuya escuadría es muy similar a la empleada en el revestimiento de muros y cielo, variando sólo el espesor (de 2,2 a 3,7 cm), ya que en todos estos casos se pueden usar tablas con sistema de machihembrado y de 2,50 a 3,00 m de largo *(figura 109)*.

Por la ordenación y disposición de las tablas o dibujos formados, los entarimados reciben diferentes denominaciones:

Entarimado simple u ordinario

Se entiende por entarimado simple la disposición de un entablado de piezas de 10 a 15 cm de ancho, que se unen unas a otras mediante el sistema de machihembrado, dispuestas linealmente unas al lado de otras y sin otro orden que el de poder cubrir la máxima superficie en el sentido transversal a la colocación del envigado *(figura 110)*.

La separación de los durmientes para este tipo de entarimado dependerá del espesor de la tabla y del destino de la habitación. Dicha separación, en corredores, dormitorios, salas de estar y espacios afines, es (de eje a eje) de 60 cm. En recintos de oficina y dependencias de notable movimiento, de 50 cm; en cines, iglesias y locales públicos, de 40 cm. La escuadría de estas vigas será de 7,5 × 5 centímetros para las plantas bajas de un edificio y de 5 × 3,5 cm en el caso de las plantas superiores.

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

Como primera medida se elige un frente de la habitación para empezar el trabajo, colocando la tabla junto a la pared; luego se clava esta primera tabla al durmiente, metiendo el elemento metálico de fijación llamado punta en la lengüeta inferior del machihembrado. En el contacto entre la tabla y la pared se puede clavar alguna punta por encima y muy al ras de esta primera pieza. A continuación se procede a colocar la tabla siguiente, debiéndose tener en cuenta que en ade-

Figura 110

lante todas las tablas se apoyen en al menos dos durmientes, aun a riesgo de perder madero por los despuntes que puedan quedar al no coincidir el largo de la tabla con las distancias entre la estructura soportante.

Una vez hecha la primera hilera, se coloca la segunda comenzando por donde se acabó, pues es necesario que los cortes de las cabezas no coincidan en hileras continuas; para ayudar a insertar una tabla con otra se utilizará un martillo, que mediante golpes irá interponiendo una pieza de madera entre el instrumento y la tabla para no estropear ni moler los labios de la ranura.

Una vez terminado el entarimado se lija a máquina toda la superficie. Para una mejor terminación del encuentro entre el piso y la pared se coloca un zócalo de madera en todo su perímetro de contacto, el cual se fija a la pared mediante tacos colocados de antemano. Una de las razones por las cuales se instala este zócalo es que se puede dejar a modo de junta de dilatación una separación de 15 mm de expansión, en el caso de que se hinche la madera.

Entarimado a la francesa

Este tipo de entarimado se utiliza mucho en aquellos recintos muy cuadrangulares y de dimensiones discretas, en donde se quiere lograr un efecto de dinamismo y fuga en el sentido de la dimensión mayor del suelo, ya que las tablas son colocadas al sesgo, de modo que formen con la línea de la pared un ángulo de 45° *(figura 111)*.

Este revestimiento está formado por tablas de 6 a 8 cm de ancho, cuyos cabezales tienen que coincidir con la ubicación de los ristreles o envigados. En las tablas no sólo se machihembran los cantos sino también las cabezas, a no ser que su fijación ordinaria (realizada mediante clavos en diagonal o lanceros) sea prolija y segura.

El procedimiento para la colocación de este tipo de revestimiento comienza por dar un corte a inglete a las testas de las tablas que coincidan con la línea de la pared. A partir del ángulo elegido, se coloca la primera pieza, cuya cabeza descansa sobre el correspondiente durmiente. Tomando como punto de referencia los dos vértices de este extremo, se trazan, a todo lo largo del durmiente, dos rectas que sirven de guías y permiten que se pueda colocar exactamente el resto de las tablas. Una vez terminada la operación de recubrimiento, se procederá a completar

Figura 111

los huecos que pudieron haber quedado en el principio y al final de cada serie de tablas, con segmentos y piezas que previamente se habrán elaborado especialmente para este fin.

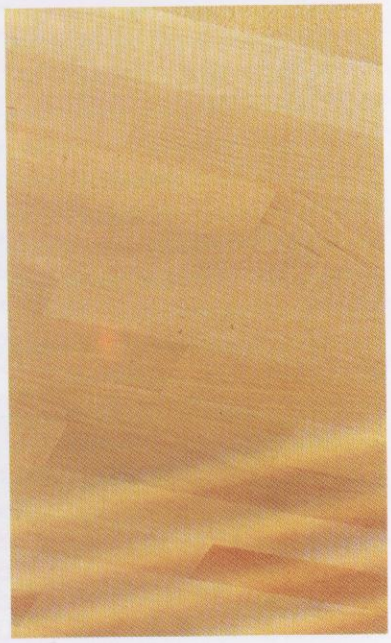
Existe otra variante de esta modalidad, llamada entarimado doble a la francesa, que se diferencia del entarimado simple solamente en que la figura de zigzag está formada por dos tablas encontradas en vez de una. Con este sistema se debe tener el cuidado de instalar unos ristreles más anchos, para así recibir con más holgura el doble entablado.

Entarimado a la inglesa

Consiste en un entablado, cuyas juntas son alternadas y que se constituye por tablas machihembradas de 6 a 12 cm de ancho y de una longitud muy variable, con el único condicionamiento de que en cada unión de testa haya como soporte una viga o ristrel.

La alternancia de las tablas puede ser regulada, y en el caso de los parqués será más irregular por tener un sistema de colocación sobre un basamento más continuo *(figura 112)*. En este tipo de disposición es recomendable que cada tabla lleve una rama tanto en un lado como en la testa, y en los otros dos cantos una lengüeta, de manera que puedan asegurar una total ensambladura perimetral de una pieza con la otra. También puede usarse el acoplamiento de juntura de alma, donde la tabla lleva sólo una ranura por sus cuatro cantos y dispone de pequeñas tablillas que sirven para unir una tabla con

Figura 112

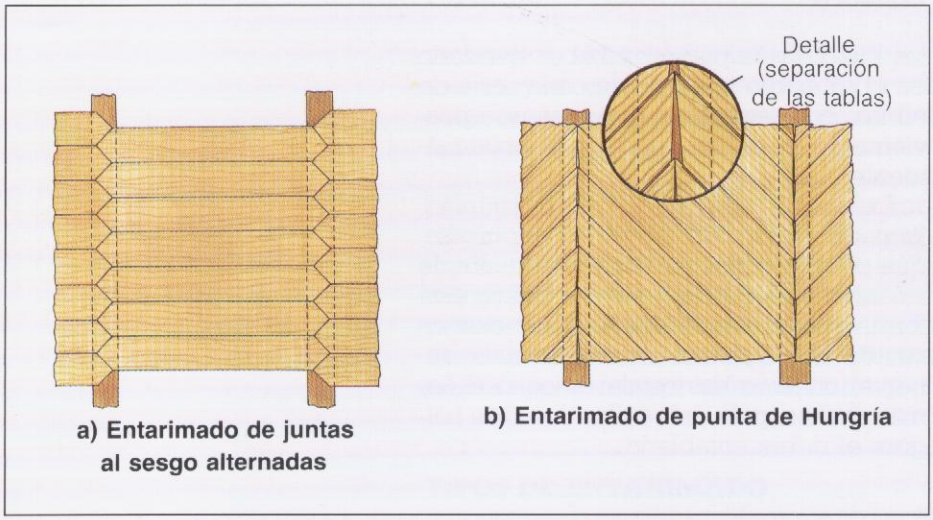


la siguiente en todos los sentidos de la extensión del entarimado.

Teniendo en cuenta la disposición de estas tablas, todas ellas se pueden preparar en el taller, con la longitud y los sistemas de unión requeridos.

Entarimado de juntas al sesgo alternadas

En este caso cada tabla cuenta en su testa o cabezal con dos cortes de 45°, que generan una punta de 90°, la cual se irá uniendo con sus similares de forma alternada, cuidándose de que estos encuentros se hagan con el debido soporte o refuerzo del envigado, de manera que el ancho de la viga o ristrel al menos coincida con la zona de intersección de las piezas *(figura 113)*.



a) Entarimado de juntas al sesgo alternadas

b) Entarimado de punta de Hungría

Figura 113

Entarimado de punta de Hungría

Al igual que el caso anterior, se procura que la trabazón entre una testa y otra quede soportada por un durmiente de un ancho (en su lado de contacto) igual a la mitad del ancho de la tabla que se está usando como revestimiento.

En cierta medida este entarimado es una variante del entarimado a la francesa, ya que las tablas se colocan oblicuamente, formando ángulos de 36 a 45° con respecto al eje del durmiente *(figura 113 b)*.

Para su construcción y disposición se procede de la siguiente manera: las uniones de las testas encontradas son unidas por la juntura de alma, sobre una guía que se marca a modo de eje sobre el centro de los durmientes, y luego se coloca la primera hilera de tablas de modo que los cabezales se ajusten a la medida trazada. Una vez colocadas en su lugar, las tablas se completan con el alma de una en una o de varias piezas. A continuación, y de forma simétrica, se coloca la siguiente hilera de tablas. Este procedimiento se repite hasta haber completado todo el entarimado.

Para evitar que la contracción afecte mucho a las piezas se emplean tablas estrechas, para que las alteraciones queden más repartidas y absorbidas por un mayor número de uniones, que quedarán menos abiertas en el momento de producirse la desecación.

En el detalle de la *figura 113 b* se puede ver cómo la deformación, producto de la pérdida de humedad, genera separaciones triangulares en los encuentros del entarimado, cuando el recubrimiento está formado por tablas con anchos mayores de 12 cm.

Entarimado de taracea

Esta configuración se conoce también con la denominación de entarimado sin fin, ya que está formada por módulos cuadrados de 25 × 25 cm o de 50 × 50 cm, todos ellos fabricados en el taller, y pudiéndose adquirir por metros cuadrados.

Las maderas que más se utilizan para confeccionar estos mini paneles son el roble, el melis, la caoba, el haya, el nogal, el fresno, el ébano, la ukola y el castaño, entre las más usuales, que tienen como característica ser resistentes, estables, duras y de hermosa apariencia.

Existe una estrecha relación entre los dibujos formados por estas placas prefabricadas y la estructura de los durmientes para evitar que queden junturas al aire. Se pueden lograr atractivas combinaciones en cada pieza, siendo la más sencilla la unión de tablas machihembradas y encoladas entre sí, formando cuadros de diferentes tonos y sentido de vetas. Otro modelo de taracea es el que se puede ver en la *figura 114*, donde los cuadros están compuestos por tablas del mismo an-

Figura 114

cho con series de cuatro tablas, que presentan la misma longitud, a excepción de la pieza central, que es cuadrada y única. Como estas piezas por sí solas y colocadas directamente sobre los durmientes no pueden resistir el peso de una persona, se procede a dar un refuerzo a dichas piezas compuestas, que se puede integrar al entarimado de dos maneras: la primera es la de añadir un entarimado ordinario de las mismas dimensiones del cuadro mediante tornillos o clavos, para posteriormente fijar esta placa reforzada a los ristreles correspondientes, consiguiéndose con esto un pavimento resistente e igualmente atractivo. La segunda solución consiste en instalar un entarimado de pino ordinario sobre el durmiente que haya que cubrir por el entarimado de taracea, de manera que se obtenga una superficie perfectamente nivelada y fuerte para recibir los cuadrados o paneles preparados de antemano.

Actualmente, muchos entarimados de este tipo ya vienen de fábrica con el debido refuerzo, siendo en el campo de la habilitación y configuración de oficinas donde se ha avanzado más en este tema, desde un punto de vista tecnológico. Por esto hoy en día se puede contar con pavimentos elevados que permiten hacer todo el cableado bajo el suelo, mediante una estructura metálica regulable en su altura y nivelado, que soporta placas cuadradas, al modo del entarimado de taracea o también en otros materiales como

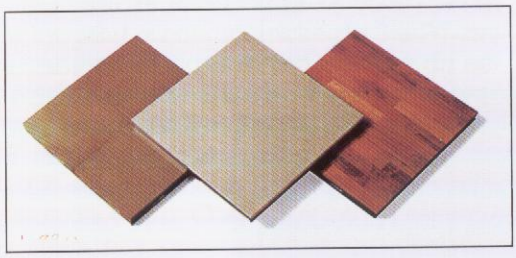


Figura 115

la baldosa de cerámica *(figura 115)*. Lo importante es que mediante un debido refuerzo, como puede ser un tablero inerte de conglomerado de cemento y polimerizado, se da a la cubierta de madera una resistencia en su punto central de 500 kilos, y frente a una presión superficial una resistencia de 2.000 kg/m^2.

TRATAMIENTOS DE LOS ENTARIMADOS

En general, todo entarimado puede ser mejorado, tanto en su calidad aislante como en su presentación como superficie de uso múltiple.

Con respecto a los tratamientos de terminación, analizaremos el entarimado por su cara oculta (espacio entre revestimiento y suelo) y su cara visible (superficie de exposición y uso).

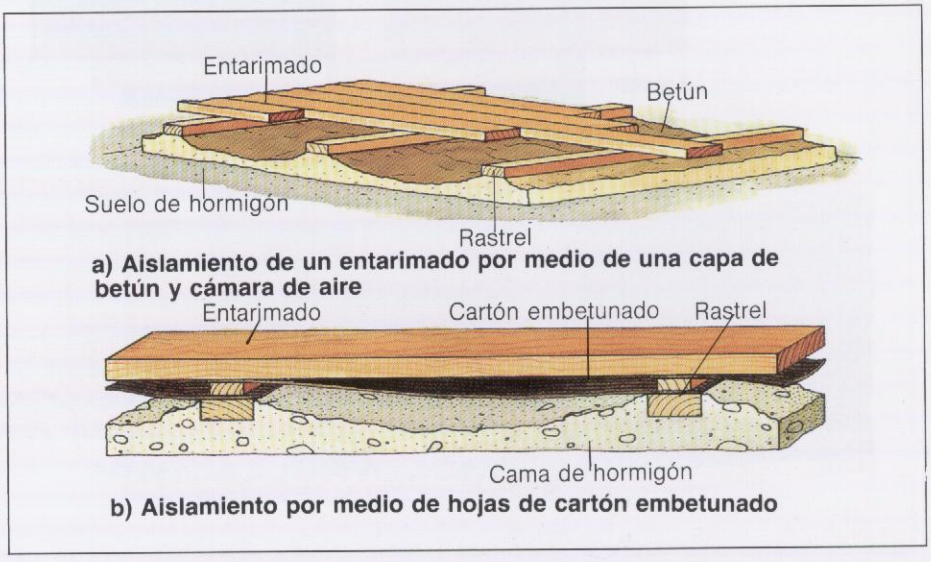
Aislamiento del entarimado

En algunos casos y circunstancias, conviene aislar el pavimento del suelo para tener un mejor comportamiento térmico (si se trata de un primer piso) y aislar acústicamente un entresuelo.

Lo primero se consigue aposentando los rastreles sobre betún de asfalto, tal como se puede apreciar en la *figura 116 a*, en donde se señala e indica cuál será la distribución más adecuada. Encima de una cama de hormigón se esparce el betún, colocándose los rastreles a media altura para que entre la capa aislante y el entarimado queden huecos, a modo de cámaras de aire. Existe otra manera de aislar el entarimado del suelo firme de hormigón, y es mediante la intercalación de una capa de asfalto caliente sobre la cual se aposenta el entablado, sin existir como en el caso anterior la mediación de espacio alguno. Para la mejor fijación del entarimado al asfalto no se pule la cara de contacto, con la finalidad de que la textura sirva de anclaje en el proceso de fraguado del asfalto.

En las construcciones de interior, se recomienda un método que es menos engorroso y más limpio que los dos anteriores, el cual consiste en proteger el entarimado por medio de hojas de cartón embetunado o papel embreado o cualquier membrana aislante, que se sitúan entre cada dos rastreles, tal como se puede apreciar en la *figura 116 b*, con los extremos de las láminas traslapados y formando concavidades.

Figura 116



a) Aislamiento de un entarimado por medio de una capa de betún y cámara de aire

b) Aislamiento por medio de hojas de cartón embetunado

Terminaciones de la superficie

En algunos casos se denomina "recorrido" a la operación de emparejar y homogeneizar la superficie total de un entarimado terminado de construir, para que éste aparezca sin imperfecciones o alteraciones superficiales.

Para esta operación se comienza lijando el suelo con una máquina especialmente habilitada para ello y se terminan los ángulos y rincones con la cuchilla y el papel de lija. De esta manera se logra limar cualquier aspereza o imperfección, producto del montaje y la posterior fijación del entablado.

Si existieran muescas o separaciones indebidas entre pieza y pieza se emplea masilla del color de la madera, a base de resinas y ceras calientes que se aplican en los sectores defectuosos. Es importante hacer notar que para un correcto cepillado habrá que mojar la superficie.

Posteriormente se aplica el encerado al entarimado, para darle color y brillo a la madera, junto con una capa deslizante que facilita la circulación y evita la acumulación del polvo. La mayor o menor efectividad del encerado depende de la adecuada preparación, por parte del carpintero o el pintor, del producto que sirve para este fin. Básicamente, esta sustancia que hay que aplicar se hace mediante la disolución de cera amarilla en aceite de trementina, en un recipiente que no esté en contacto directo con la llama, es decir, calentándolo al baño María. Esta sustancia también se puede adquirir directamente en el comercio, pero si se quiere dar una terminación más específica en cuanto a colocación y espesor, se recomienda hacerla artesanamente.

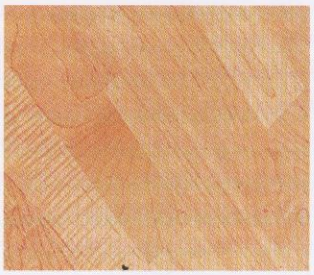
El encáustico preparado está a punto cuando su consistencia le permita ser aplicado a pincel o brocha. El tiempo de secado es al menos de un día y una noche y el brillo que se pueda obtener está en directa proporción al tiempo e intensidad del frotado por medio de un cepillo y una textura de tipo gamuza.

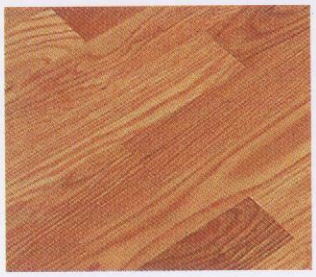
Para tapar los intersticios, que sin duda se habrán provocado al secarse y contraerse el entarimado, se recomienda aplicar en dichas separaciones una pasta hecha a base de aguarrás, resina, cera y aserrín de la misma madera, que permite que el material auxiliar tenga la misma coloración que la madera completada.

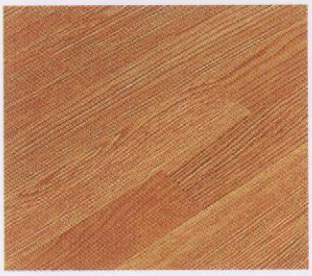
Para la buena presentación y conservación de los entarimados se encerarán periódicamente, teniendo el cuidado de hacerlo en condiciones atmosféricas estables y normales, es decir, sin una humedad alta o un calor excesivo.

Para evitar la deformación de los entarimados durante su vida útil se procura emplear tablas lo más estrechas y secas posible, ya que estas piezas tienden, siempre que aumenta la humedad, a curvarse hacia la albura, por lo que hay que compensar esta tendencia colocando las tablas con el corazón hacia arriba.

Figura 117


Fresno


Arce


Roble

Haya

Havea

Abedul

Cerezo

PARQUÉS

Se denomina parqué a un entarimado de lujo constituido por maderas diferentes y de buena calidad; por lo que esta denominación es una variante de los casos anteriores, que ha alcanzado una notoriedad particular por el grado de sofisticación que se ha logrado en el manejo de figuras geométricas y combinaciones de colores y texturas naturales.

Básicamente, el parqué es un revestimiento realizado con elementos sueltos denominados tarimas de parqué o simplemente parqué, aunque esta última denominación es muy genérica y también designa al pavimento completo. La tarima de parqué es una pieza fabricada de madera maciza que tiene los lados fresados mutuamente paralelos y los bordes perfilados, por los cuales la pieza se une con otras similares hasta formar el pavimento de parqué.

Las tarimas de parqué en piezas se fabrican de madera de fresno, arce, roble, haya, havea, abedul y cerezo, entre otras maderas duras y atractivas *(figura 117)*.

El parqué en piezas (tarimas) se subdivide según el tipo de bordes y perfiles en: tarima con lengüeta y entalladura en las caras estrechas y en los topes opuestos, y, la más usada, la tarima con lengüeta en una cara estrecha y entalladura en la otra y en los topes.

Las tarimas se fabrican de 15 a 150 cm de longitud y con un ancho de 5 a 20 cm; las tarimas fabricadas con madera de especies foliáceas duras tienen un espesor de 15 mm y las de especies coníferas de 18 mm. El ancho de las lengüetas de unión es usualmente de 5 mm y su espesor de 4 mm. Con respecto al perfil de la unión hay que destacar que este aspecto es el más importante y decisivo a la hora de sopesar la duración y presentación de un parqué, ya que la homogeneidad de las juntas del entramado del suelo es en definitiva la calidad de éste.

En la *figura 118* se puede apreciar cómo un machihembrado, hecho con maquinaria de precisión, permite tener un fresado ligeramente redondeado, lo que unido a la diferente dimensión entre el saliente macho y el hueco hembra genera un sistema de perfecto ajuste de los bordes. Es importante que la unión sea de un contacto superficial y no lineal, ya que al lijar el parqué repetidas veces no aparecen ranuras ni separaciones.

El parqué como tal puede presentarse en diferentes formas y variarán sus sistemas de unión con el suelo y entre piezas individuales.

A continuación se detallan las principales modalidades en que se puede hallar y aplicar este revestimiento.

El parqué de mosaico

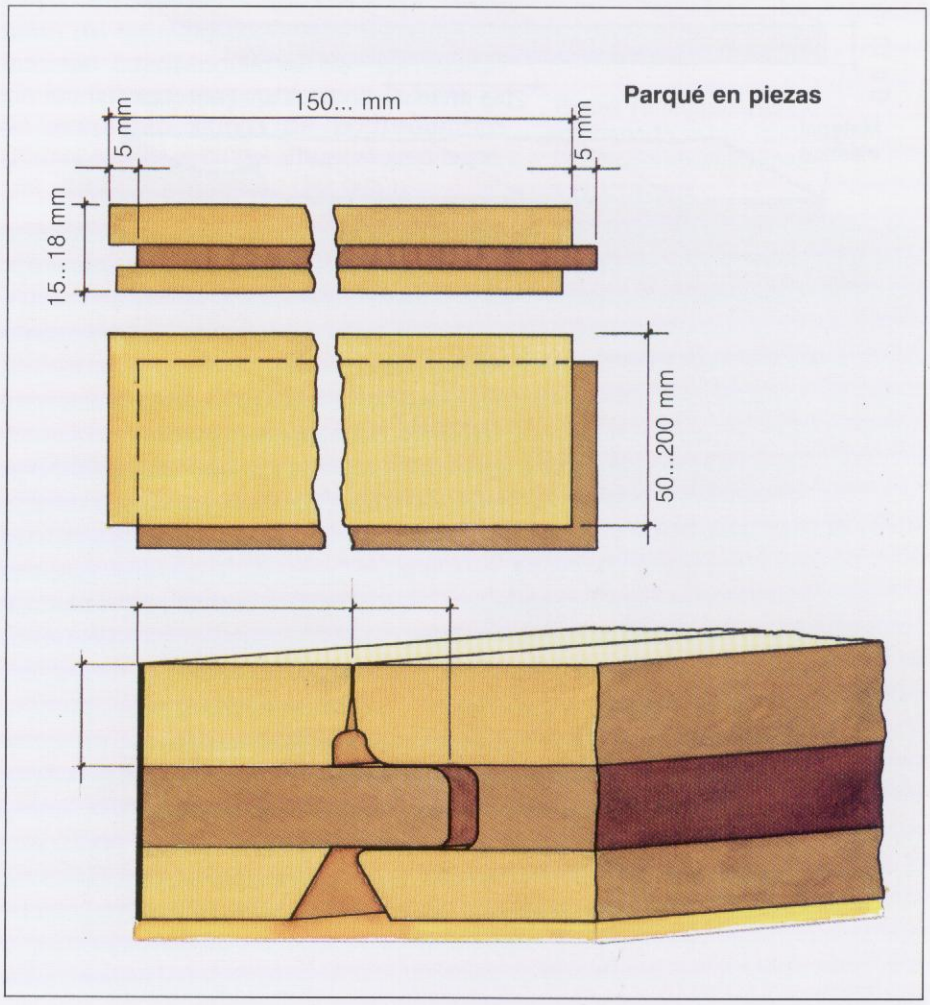
Este tipo de entarimado se hace con piezas de diferentes clases de madera, como pueden ser la encina, el melis, el nogal, la caoba, la tuya y el olivo. Con todas ellas se diseñan combinaciones decorativas de gran efecto, al mezclarse colores, tramas y dibujos propios de cada especie en función de un dibujo geométrico. Por el método de fijación de estas tarimas, para formar el pavimento, el parqué se subdivide en los siguientes tipos:

a) pegado por la cara al papel, el cual se quita junto con la capa de color después de entarimar el parqué sobre el basamento del suelo;

b) pegado por el revés de cualquier material elástico que se deja en la estructura del suelo después de entarimar el parqué.

La tarima del parqué de mosaico es una pieza fabricada de madera maciza con lados y bordes correspondientemente paralelos y perpendiculares.

Figura 118

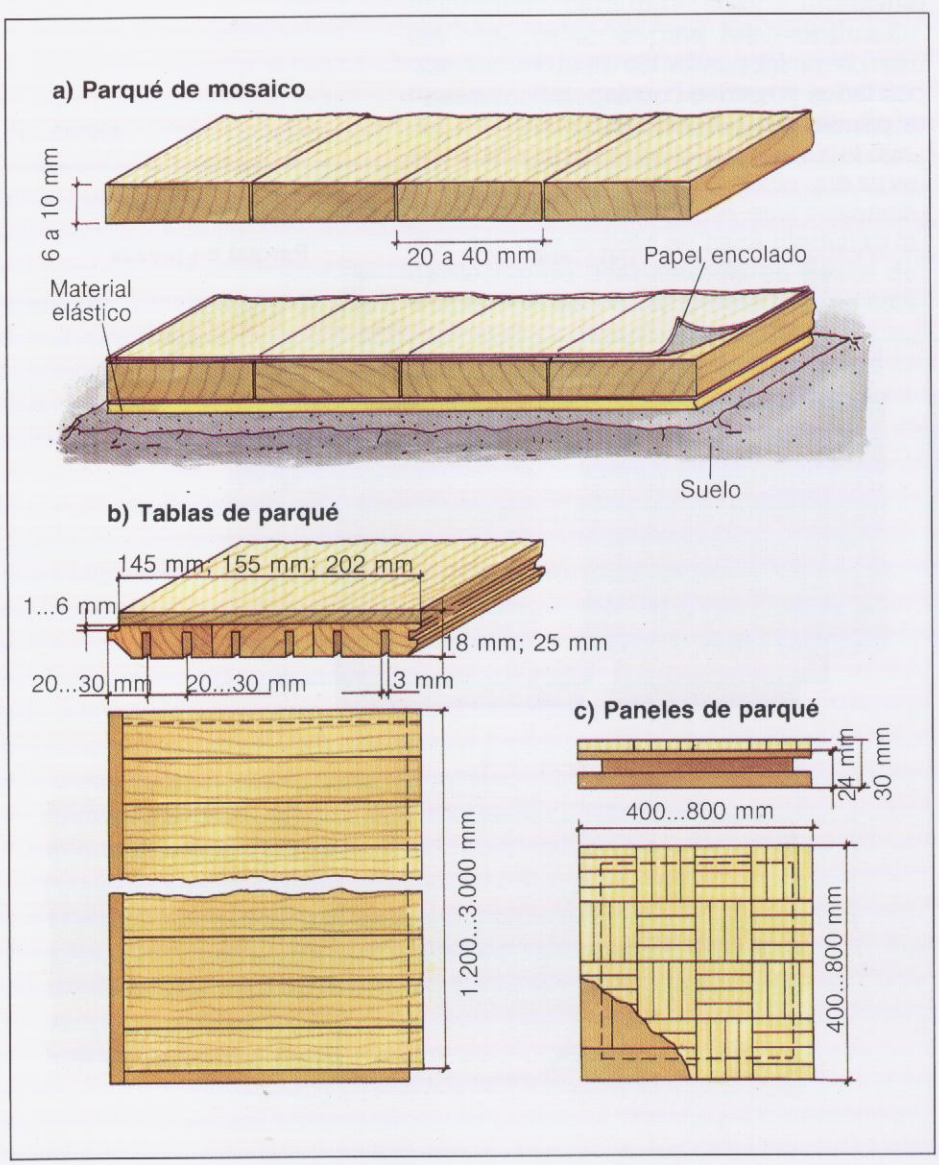


El cuadrado elemental del parqué de mosaico es un juego de tarimas de igual anchura, colocadas borde con borde, formando un cuadrado cuyo lado es igual a la longitud de la tarima *(figura 119 a)*.

El pavimento de parqué de mosaico se monta con cuadrados elementales que se disponen en orden escaqueado, según la especie y la colocación de las maderas de las tarimas que forman el cuadrado elemental.

Las maderas que más se utilizan para la confección de este revestimiento son de roble, haya, fresno, arce, olmo, castaño, acacia blanca, abedul y pino. Con respecto al índice de humedad que debe contener una pieza de parqué de mosaico, fluctuará entre un 9 % y un 3 %. En todo caso, y para su mejor conservación, previa colocación es preciso almacenar el parqué empaquetado y colocado en hileras correctas por tipos, dimensiones, especies de madera y variantes de coloración, en recintos, sin humedad relativa superior al 60 % para evitar cualquier circunstancia desfavorable.

Figura 119



Las tablas de parqué

Preferentemente, este entarimado se usa para construir pavimentos en edificios de vivienda. Según la estructura de las tablas podemos reconocer dos tipos:

1) entablado sobre las vigas y durmientes que separarán el parqué del suelo que haya que cubrir;

2) colocadas las tablas directamente sobre el suelo y el basamento continuo.

Si analizamos una sección transversal de una tabla de parqué nos encontraremos con dos capas, la superior formada por láminas rectangulares iguales y la inferior formada por listones de madera ordinaria pero sana. Ambas capas están unidas mediante colas que son resistentes al agua y que están formadas por resinas sintéticas.

La tabla de parqué, del mismo modo que el parqué en piezas, tiene en los bordes de la base por el largo y el ancho ranuras y en los bordes opuestos lengüetas, por las que se une cada tabla compuesta con otra.

En lo que se refiere a las dimensiones de estas piezas, tendremos que el ancho de un tablón en su base es múltiplo del ancho de la tabla *(figura 119 b)*. Con el fin de prevenir el alabeo, en todo el largo del listón se hacen aserraduras no mayores de 16 mm de profundidad, para el caso en que el parqué se instale directamente sobre el basamento del suelo, y 9 mm para cuando exista entre el entarimado y dicho basamento una capa elástica. Entre las aserraduras se deja una distancia de 20 a 30 mm. Las tarimas de parqué que usualmente se colocan en sentido transversal al basamento de los listones tienen un ancho de 20 a 50 mm, y un largo de hasta 20 cm.

Existe otra modalidad de tablas de parqué, la de que en lugar de colocarse tarimas sobre los listones se coloquen placas cuadradas de enchapado que se pegan sobre el listón de base con una dirección de las fibras mutuamente perpendicular. En la *figura 120* podemos apreciar una lámina de enchapado teñida de color rojo para lograr revestimientos de tablas de parqué tan singulares como modernos.

La tarima de parqué se fabrica de madera de roble, haya, fresno, arce, olmo, castaño, acacia blanca, abedul y alerce, entre otras maderas que, por sus propiedades físico-mecánicas, dan un buen resultado como pavimentos. La resistencia a la separación de la unión pegada de las tarimas de parqué o del enchapado no ha de ser menor de 6 kg/cm^2.

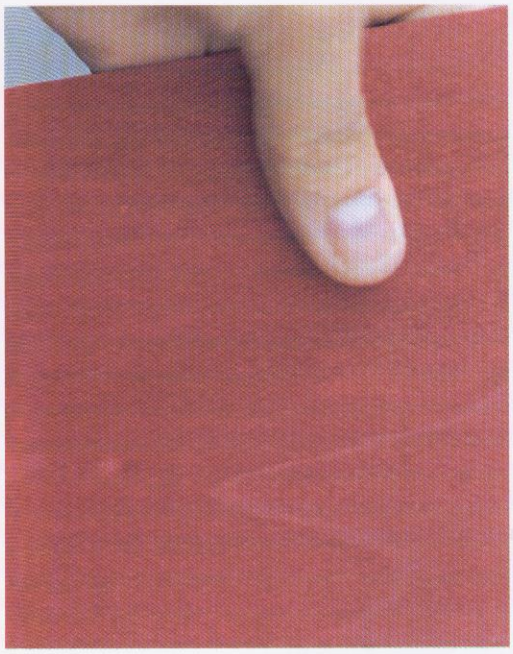


Figura 120

Los paneles de parqué

Son muy utilizados en el revestimiento de suelos y pavimentos de edificaciones públicas. Básicamente el panel está formado por una base sobre la cual se pega el recubrimiento, constituido por tarimas de parqué o láminas cuadradas o rectangulares de enchapado con un dibujo determinado *(figura 119 c)*.

Los bordes de los paneles deben tener ranuras para unir los paneles entre sí con ayuda de lengüetas; es usual que se fabriquen paneles con ranuras y lengüetas en los bordes opuestos, como en el caso singular de las anteriores modalidades.

En función de la estructura que tiene la base y de los materiales empleados, los paneles se clasifican en: paneles con base de marco; paneles con base de listones sobre la que se pega el enchapado; paneles con base de tablero aglomerado pegado con enchapado; paneles con base de listones de dos capas. A su vez, según el revestimiento del panel, éste se subdivide en revestidos en tarimas de parqué y revestidos con piezas cuadrangulares de enchapado. Con todas estas variaciones la gama de combinaciones es muy amplia, y permite adoptar este sistema de entarimado en una gran cantidad de circunstancias constructivas, convirtiéndose, en definitiva, en un sistema versátil y, dentro del mundo del parqué, en el más rápido y práctico.

Los paneles suelen fabricarse de 30 milímetros de espesor, con unas dimensiones más superficiales, mostradas en la *figura 119 c*.

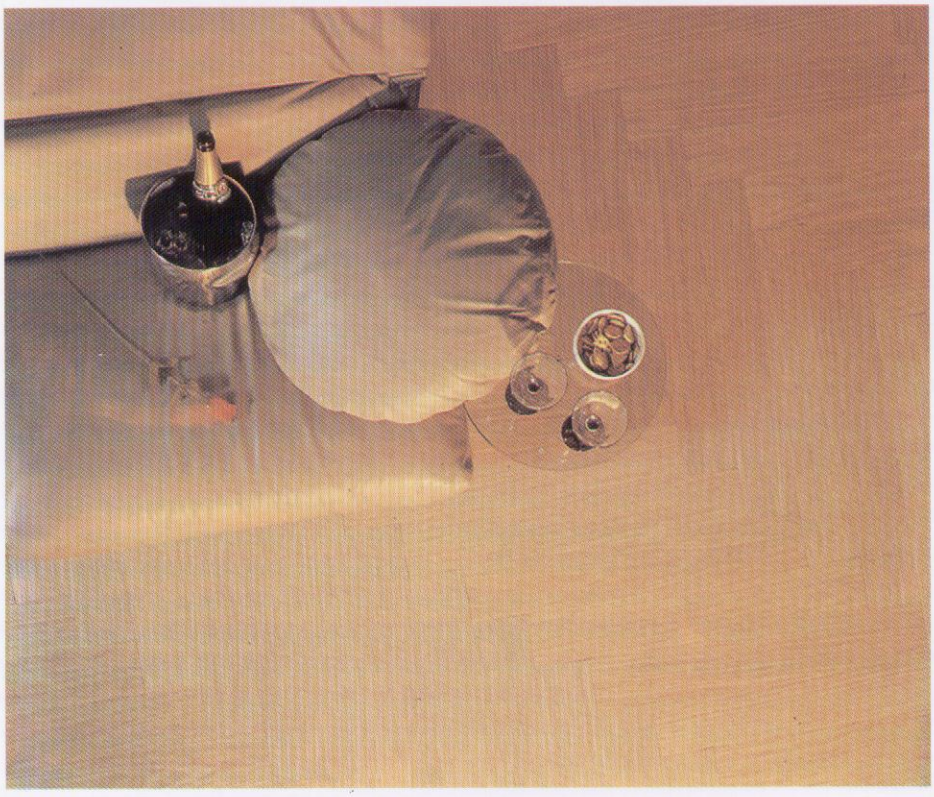
Los paneles de forma rectangular con base de marco deben tener la vigueta del medio con un ancho igual al doble del ancho de la vigueta del marco. Las holguras entre las tarimas de parqué o entre los cuadrados de enchapado deben ser de no más de 0,3-0,5 mm.

Los listones y las viguetas de la base se fabrican de madera de pino, abeto, alerce, pinabete, cedro, adebul, entre otras maderas blandas, que no podrán mezclarse en el momento de constituir la estructura del panel de listones, ya que si esto se produjera, la superficie de sustentación del parqué no actuaría de forma homogénea. Las chavetas se fabrican de madera dura, mientras que las lengüetas serán de contrachapado, ya que la pieza hembra sufrirá menos solicitación en el momento de la unión de los paneles.

El rango de tolerancia con respecto a las tarimas de parqué y las láminas de enchapado permite que por la cara oculta pueda tener ciertas torceduras, rizos y excentricidades de corazón, mientras que en los cantos puede haber astillas sueltas, pequeñas muescas y fendas con una profundidad no mayor de 0,2 mm.

Se aceptarán en la fabricación de los paneles nudos sanos, fuertemente adheridos a la masa leñosa, de hasta 15 mm de radio, sin que estos afecten a los cantos tanto de tarimas de parqué como de las láminas cuadrangulares de enchapado. En los listones que conforman la base no se aceptarán signos de podredumbre, gemas y nudos cuyas dimensiones superen la mitad del ancho del listón.

Piezas rectangulares de enchapado sobre listones, formando un entarimado a la francesa



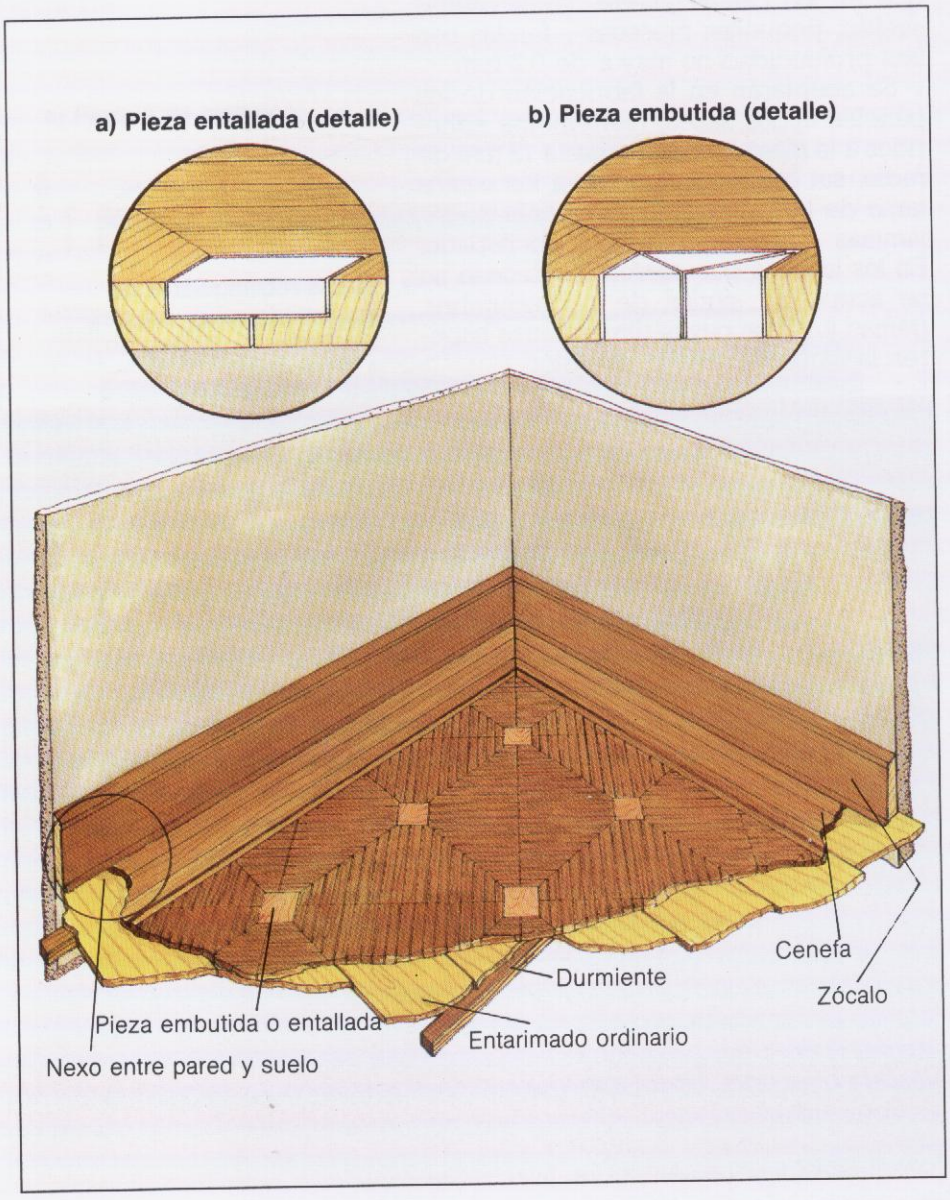
El índice de humedad en los paneles que están por instalar no puede superar el 8 %, y las uniones encoladas se harán mediante resinas sintéticas que aseguren las ensambladuras ante solicitaciones externas de mediana y alta intensidad.

El parqué decorativo

En este tipo de pavimento es corriente emplear, en lugar de tablas dispuestas según los modelos citados en los casos anteriores, piezas sueltas de formas geométricas muy diversas, acordes con un diseño de dibujo previo.

Los entarimados de parqué decorativos o finos llevan, generalmente, una cenefa o cerco más o menos ornamentado en todo el perímetro del recubrimiento, el cual muchas veces actúa como elemento virtual que une el suelo con el muro, ya que tanto el zócalo como la cenefa hacen de nexo *(figura 121)*.

Figura 121



Cuando se incluya una cenefa en el proyecto del parqué, se tiene que preparar la estructura de los ristreles para soportar convenientemente esta franja de entarimado.

El modo más sencillo para llevar a cabo este tipo de revestimiento es el de embutir las piezas pequeñas en las piezas mayores, que tienen un espesor de 20 milímetros para recibir los detalles en más entalladuras que ya se han hecho previamente a la instalación; después de encolar estas incrustaciones superficiales se lleva a cabo el entarimado cuidando la exacta colocación para que salga el dibujo deseado. También cabe la posibilidad de hacer los detalles con madera maciza, sin entallar una mayor, pero si estos detalles son muy complicados, se recomienda el primer procedimiento, ya que las uniones son menos y las variaciones de la madera afectarán a un número menor de piezas.

También se puede dar el caso de un entarimado con parqué central, cenefa y un pasillo a su alrededor, con lo cual se tiene que conformar una triple distribución de los durmientes, porque cada entarimado debe ser sustentado de una manera diferente.

El entarimado de lujo también se usa en el revestimiento de ciertos muebles, como mesas de despacho, altares, estrados y otras superficies de objetos que permitan, por la envergadura de su uso, la incorporación de entarimados portátiles, llamados tarimas.

En general las uniones de las tarimas son a base de machihembrados o con juntura de alma.

OTROS SUELOS

Existen dos grupos de suelos que, junto al entarimado, conforman la familia de pavimentos de madera. Son los suelos entarugados y adoquinados, que actualmente no son empleados en la magnitud con la que se utiliza el entarimado en todas sus modalidades, pero es interesante conocer estos sistemas más simples y macizos en sus elementos.

El suelo entarugado

El nombre de este suelo proviene de que cada pieza de madera es un bloque que se instala sobre una superficie de hormigón, de manera que recuerda, en parte, la colocación de los adoquines. Las piezas son prismáticas, de secciones di-

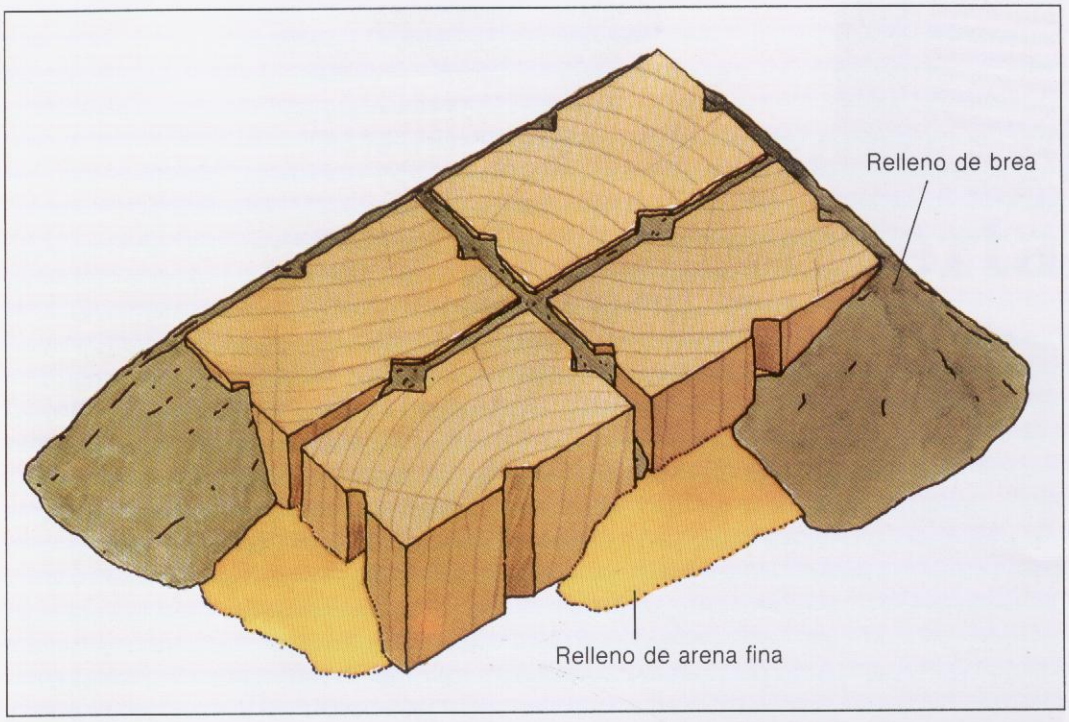


Figura 122

versas, siendo las más usadas la cuadrada, la rectangular y la triangular. Con el fin de que trabajen mejor ante los esfuerzos de compresión a los que estarán expuestas, cada pieza se coloca de manera que sus fibras sean normales al esfuerzo, es decir, con el sentido de las fibras en vertical.

Con respecto a las dimensiones, se conserva como constante una altura de 10 a 12 cm, y el ancho promedio es, en piezas rectangulares, de 8 cm, siendo el largo no mayor de 15 cm. En algunos casos y para aumentar la superficie de contacto entre los bloques y el pegamento se hacen unos sacados en las cuatro caras laterales, de modo que las juntas entre piezas (de 8 a 10 mm), que se llenan de arena fina, creosota y brea, puedan tener más contacto en el momento del endurecimiento de la mezcla *(figura 122)*.

Estos bloques se fabrican de madera de pino, abeto, cedro y alerce. Se impregnan con antisépticos aceitosos, ya que su contacto con el medio será una fuente de riesgos. Tienen como ventaja que constituyen una gruesa barrera térmica y acústica y, como inconveniente, su elevado costo y su corta vida útil.

El suelo entablonado

Es un pavimento muy parecido al entarimado, tanto en disposición superficial (a un largo), como en la estructuración del soporte; la mayor diferencia entre ambos sistemas es la superior escuadría del pavimento, ya que sus tablones tienen de 3 a 7 cm de grueso, con un ancho de 10 a 18 cm.

Figura 123

Por lo general, y si van situados en interiores *(figura 123)*, los tablones van unidos por medio de machihembrados para ser fijados posteriormente por medio de clavos al envigado de suelo. Para este tipo de suelo se acostumbra a emplear maderas de abeto, pino rojo y similares.

Si el entablado va en exteriores estas maderas tienen que ir debidamente impregnadas, ya que se pueden usar en te-

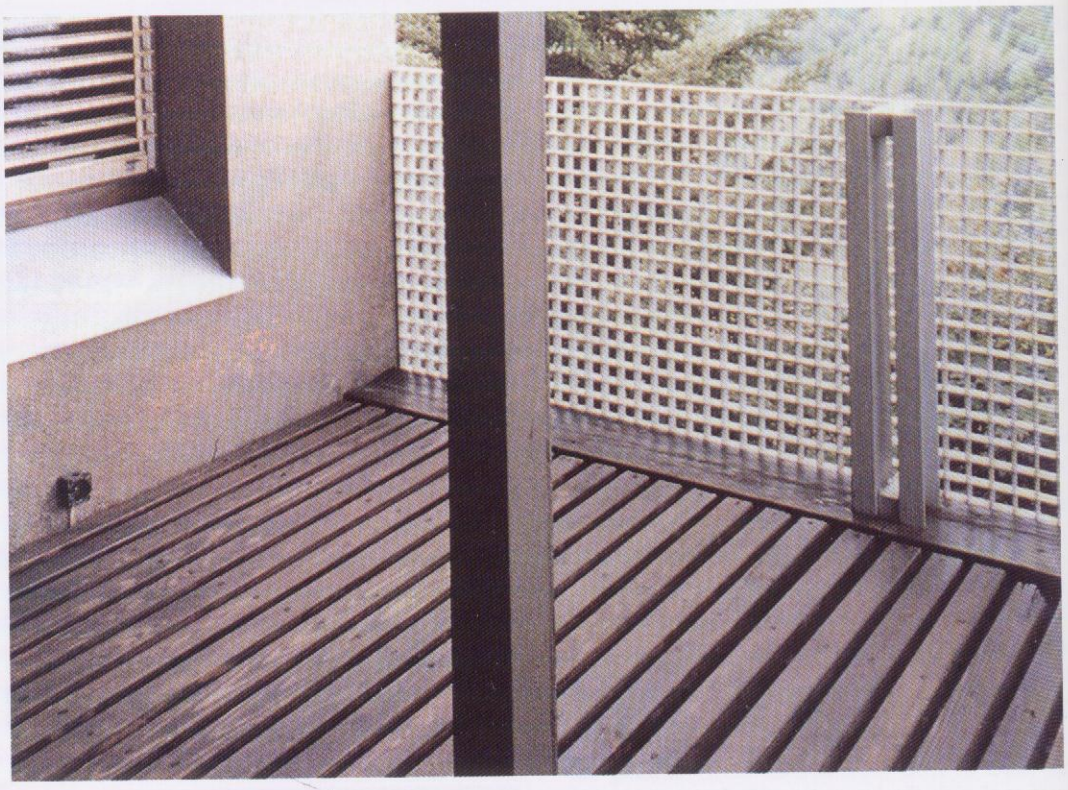
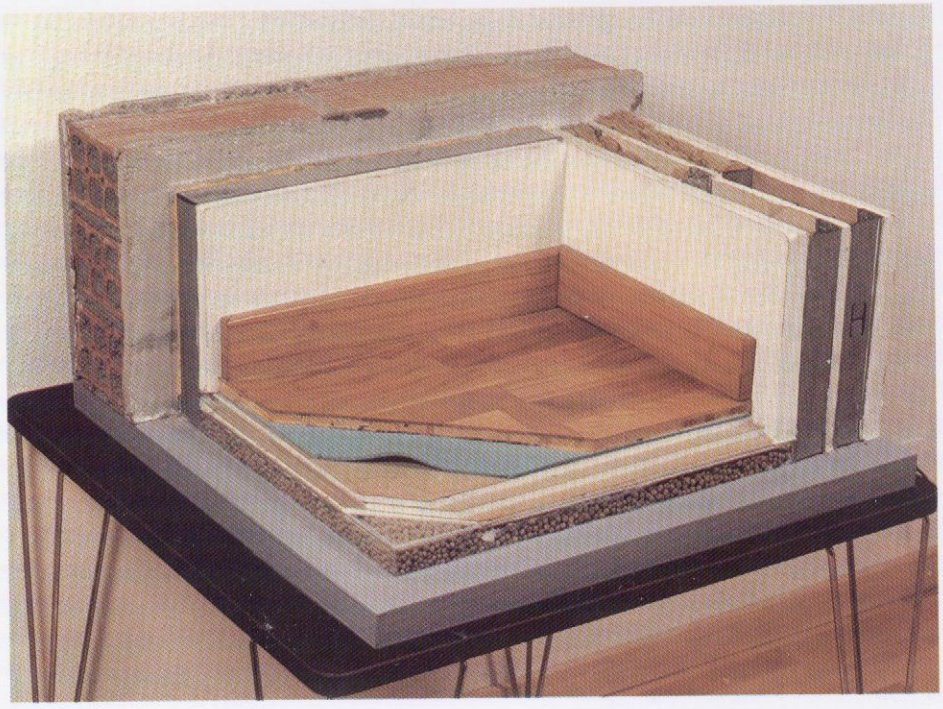


Figura 124

rrazas y balcones, donde se separan de 1 a 2 cm cada tablón o tabla para así asegurar el drenaje del agua de lluvia y evitar el estancamiento del agua. La unión del entablonado con el envigado, en este caso particular, se hace por medio de pernos y tuercas, que permiten cambiar fácilmente una pieza que se viera afectada por el medio ambiente *(figura 124)*.

Aunque este tipo de suelo es el que emplea piezas de mayor ancho, es conveniente, si el espesor lo justifica, reducir esta escuadría y tender a tablones estrechos, ya que así se puede reducir el alabeo propio de la propiedad higroscópica de la madera.

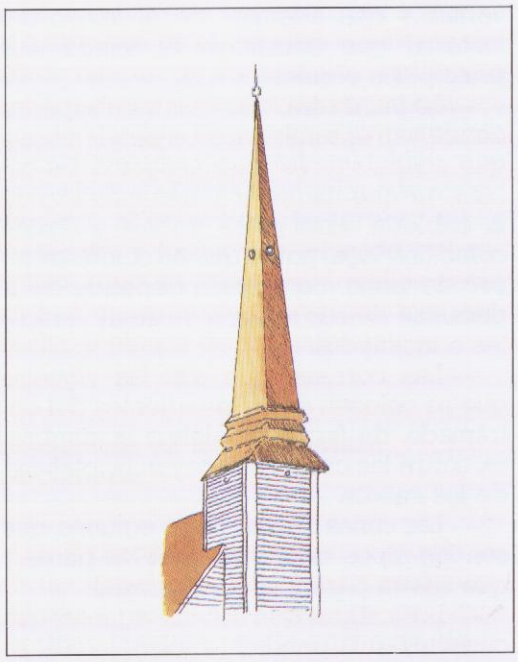
Figura 125



El suelo integrado

Actualmente los suelos de madera han entrado a formar parte de un sistema constructivo que incluye diversos materiales que aportan sus mejores características para dar como resultado una construcción efectiva y funcional. Es así como el parqué se usa en pavimentos de edificios, cuyas estructuras son de hormigón armado, con muros de ladrillo y tabiques de tablero aglomerado o planchas de yeso estructuradas por perfiles metálicos. Todo un conjunto de materiales heterogéneos en su naturaleza, pero muy homogéneos en su función de optimizar el hábitat.

En la *figura 125* podemos ver, a manera de ejemplo, cómo la madera en forma de paneles de parqué descansa en una serie de capas que los separan del forjado de hormigón, compuestas por planchas de aislantes, espuma de alta densidad y absorbentes de humedad granulados. Es un buen ejemplo de la integración de la madera en los nuevos métodos de construcción y una clara muestra del aspecto de la madera del cual se sirve actualmente la edificación de interiores: su calidez virtual y la necesidad ontológica del hombre por rodearse de algún material natural.



7 Enmaderación de cubierta

La aplicación de la madera en cubiertas responde a la necesidad de proteger, cubrir o cerrar una edificación por su parte alta, aislándola del exterior y evitando que los agentes atmosféricos como la lluvia, el frío, el calor y el viento puedan dañar el hábitat.

En términos generales, entenderemos por cubierta la estructura de madera sobre la que se coloca el tejado de un edificio; sin embargo, en algunos casos también se denomina cubierta el revestimiento externo de la cubierta o techumbre. Por lo tanto, en el tema de la enmaderación haremos una distinción cuando nos refiramos a uno u otro caso, llamándolas estructura de cubierta y revestimiento de cubierta, respectivamente.

Es importante observar que tanto el revestimiento superficial de la cubierta como todos los elementos estructurales que la soportarán pueden ser construidos, salvo las uniones metálicas, íntegramente de madera.

LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE CUBIERTA

La rama de la carpintería denominada de armar trata de la construcción de armaduras para cubiertas, y la denominación de sus distintas piezas se especifica en la *figura 126*, a través del ejemplo de una cercha tradicional.

Elementos de una cercha tradicional

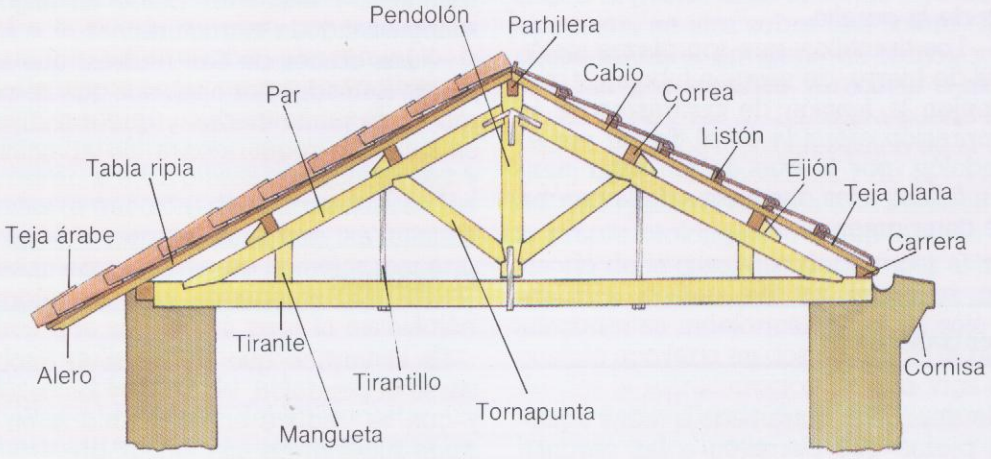


Figura 126

La cercha

Es uno de los principales elementos que forman la cubierta, también llamada cuchillo. Se trata de estructuras triangulares que constituyen la base de la armadura, y se colocan en un plano vertical, de trecho en trecho según el peso de la techumbre y la escuadría de las piezas. Estas estructuras se colocan sobre los muros longitudinales y están formadas por:

— Los pares, que son piezas inclinadas que forman la pendiente del tejado, diferenciándose de las costaneras en que estas sólo están sometidas a la flexión, mientras que los pares están fuertemente comprimidos. Esta diferencia de trabajo influye en el diseño de sus uniones o apoyos, siendo la distancia entre una y otra de 0,80 a 1,0 m.

— Los tirantes, que son piezas robustas que atraviesan la luz apoyándose por sus dos extremos en los muros laterales, impidiendo la separación de los pares.

— El falso tirante o contratirante, que es una pieza intermedia que se utiliza para reforzar el tirante en luces muy grandes que haya que salvar.

— El pendolón o péndola, que es la pieza vertical de mayor longitud y que une la parhilera con el tirante, actuando a la compresión con respecto a este último, ya que generalmente por medio de abrazaderas descarga parte del peso de la techumbre en el punto medio del tirante.

— La tornapunta, que es una pieza inclinada que generalmente se coloca en forma simétrica en función del tirante, y que ayuda a triangulizar la cercha al hacerla indeformable frente a una solicitación longitudinal a ella.

— Las manguetas, que son piezas verticales que ayudan a la tornapunta en su función de dar firmeza a la cercha, y cuyo número depende del tamaño y altura que haya que cubrir, aunque generalmente van colocadas en cada uno de los extremos de la cercha.

— Los tirantillos, que son piezas metálicas de hierro, de sección tubular, y que cumplen la función de contrarrestrar la compresión ejercida en el tirante por el pendolón, por lo que deben estar muy bien fijadas a las dos piezas de la cercha que comprimen.

El entramado

Se denomina entramado a todas aquellas piezas que permiten a las cerchas mantenerse en su lugar de forma transversal, y que además son el apoyo del material que constituye el tejado. Sus principales elementos son:

— La cumbrera, que es la viga superior donde van ensamblados los pendolones y que además sirve para acoger a los cabios, ya que marca el punto más alto de la cubierta. Esta pieza trabaja a flexión como una viga, por lo que se coloca siempre de canto. Su sección depende de la distancia de sus apoyos, ya sean verticales o inclinados.

— Las correas, que son las viguetas que se colocan en las pendientes del entramado, de forma paralela a la cumbrera, sobre las cuales se apoyan la totalidad de los cabios.

— Las cuñas de anaquel o egiones, que son los topes donde se fijan los pares y que sirven para fijar a las correas.

— Los cabios, que son las viguetas que constituyen la pendiente sobre la cual se coloca el revestimiento del tejado.

— Los listones, que son las piezas que unen a los cabios en sentido horizontal y sobre las que se colocan las tejas planas.

— La tabla ripia, que es una tabla que se coloca en lugar de los listones si el revestimiento de la cubierta es teja árabe.

— La carrera, que es una pieza horizontal colocada sobre los muros estructurales y que permite fijar los extremos de los cabios.

— La limatesa, que es una cumbrera inclinada y que está dispuesta en la intersección de dos pendientes de la cubierta tales que formen un ángulo con la arista saliente.

— La limahoya, que es la versión inversa de la limatesa, ya que también es una viga inclinada que se coloca en el encuentro de dos pendientes que forman un ángulo entrante.

— El cuadral, que es una pieza que va oblicuamente de un tirante a otro en los ángulos entrantes.

— El jabalcón, que es una pieza muy similar a la tornapunta, y que sirve para triangular y mantener rígido un ángulo, triangulizando la estructura.

— Las cruces de San Andrés, que son piezas formadas por otras dos que se cruzan en su punto medio, y que sustituyen, en los casos requeridos, a los jabalcones y tornapuntas.

El caballete

Es el vértice que se forma al encontrarse el pendolón, los pares y los cabios, y que se traduce en una cubierta en el canto superior de una techumbre.

Otras definiciones que son de utilidad

para estudiar este tema son, por ejemplo, el alero, que es el voladizo o saliente del borde inferior de un tejado; la vertiente o agua, que son cada una de las superficies que se pueden reconocer exteriormente en una cubierta terminada; el faldón, que es el plano de forma triangular que se genera con el encuentro de vértices sobre un tejado; y finalmente, el nudo del caballete, que se forma en aquellos casos en que en un punto convergen tres vertientes o planos de una cubierta.

Encuentros en una estructura de cubierta

En la carpintería de armar que trata los encuentros de cubiertas se emplean empalmes y acoplamientos. Los primeros son muy comunes en la armadura de tirantes y menos frecuentes en pares y costaneras. Todo encuentro tiene que tener en cuenta si las piezas unidas trabajan a tracción o a compresión. En el caso de que las piezas actúen como tirantes, es decir, a tracción, es preferible efectuar el empalme a tope y colocar a ambos costados sendos refuerzos de madera, con tacos o llaves de madera dura, para convertir en un todo homogéneo las diversas piezas; una vez se ha completado el conjunto se amarra todo por medio de tornillos o abrazaderas, como podemos ver en la *figura 127 a*. En el caso en que las piezas actúen a compresión, como es el caso de los pares o monteas, se efectúan ensambles a caja y espiga en las modalidades más diversas que pueden generarse en los distintos encuentros, especialmente en las cerchas *(figura 127 b)*.

Todos los ensambles, uniones, empalmes y acoplamientos en general deben ser ejecutados con mucha precisión, ya que de un buen ajuste depende el óptimo comportamiento estructural de cerchas y techumbres. En todo caso son inevitables las separaciones e intersticios, que de cara a la puesta en obra generan algún grado de deformación, alargamiento o aplastamiento en las piezas que padezcan mayor grado de solicitación mecánica.

Estas transformaciones se pueden contrarrestar, si a las piezas que actúan como tirantes (a tracción) de la armadura se les da un leve peralte, para que las uniones puedan acomodarse de la mejor manera. También es muy importante que los taladros que se utilicen para la instalación de los tornillos empleen brocas muy ajustadas al diámetro de éstos, ya que en aquellas piezas que deban soportar un esfuerzo de tracción es preferible que los tornillos entren más forzados.

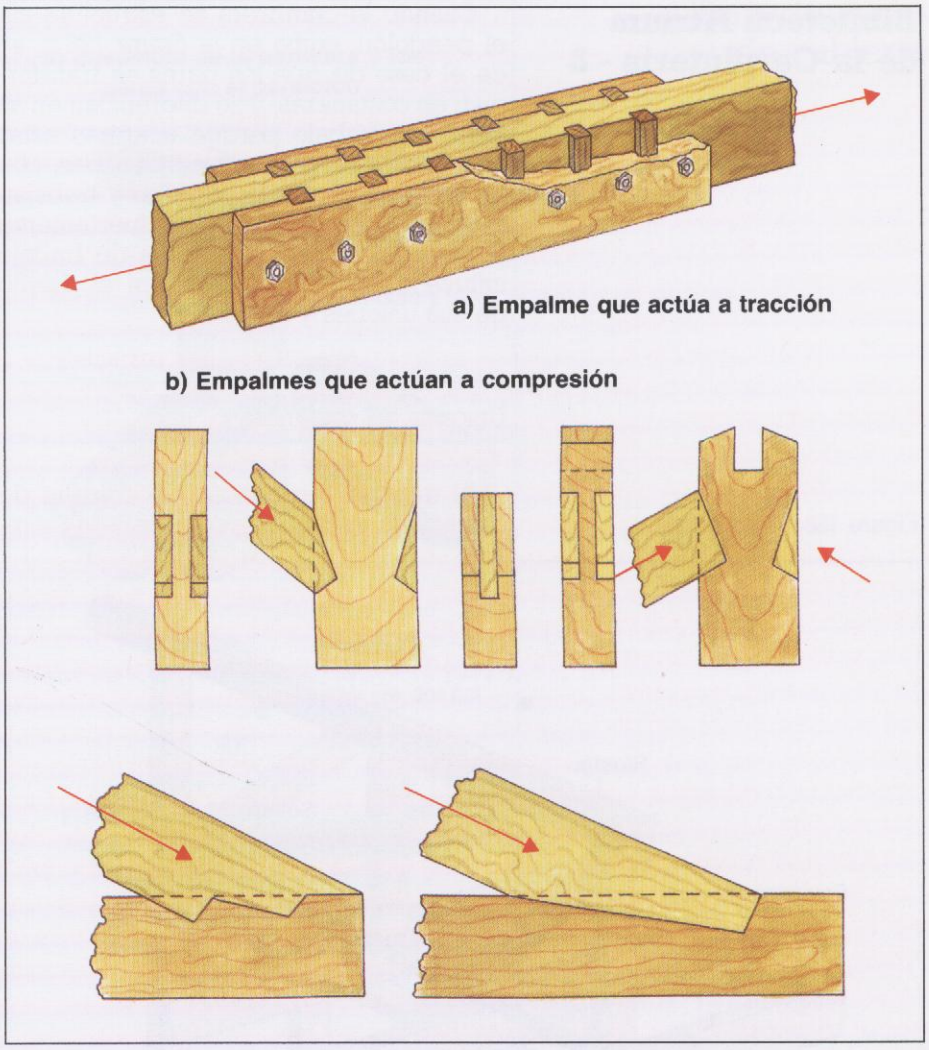


Figura 127

UNIONES EN LA CUMBRERA

Como ya se ha indicado, esta es la zona donde el madero horizontal forma la arista más alta de la techumbre, y donde se apoyan los cabios y los pares.

Esta pieza trabaja a flexión como una viga, por lo que se coloca siempre de canto. Su sección depende de la distancia de sus apoyos, ya sean verticales o inclinados. Si puede estar apoyada en toda su extensión, se alza sobre una solera (que descansa en el envigado de techo), y se sostiene por soportes verticales o montantes *(figura 128 a)*. La solera puede ser suprimida si los montantes salen de la carrera de un tabique interior de la vivienda. En algunas ocasiones este armazón es la simple prolongación de un tabique divisorio de la casa, que debe tener al menos dos riostras en los extremos que aseguren su indeformabilidad. Si sólo es posible apoyarla en dos puntos se le puede dar la estructuración de una viga armada, dependiendo de la distribución de los puntos de apoyo, el orden y la configuración de las piezas en diagonal.

Cuando la cumbrera se estructura sin el pendolón, como en la *figura 128 a*, se da el caso de que los pares se transforman en costaneras, y se diferencian en su forma de trabajo porque mientras estas últimas son simples vigas inclinadas, con un apoyo más alto que el otro y trabajan a flexión, los pares están fuertemente comprimidos. Esta diferencia de trabajo influye determinantemente en el diseño de sus uniones y apoyos.

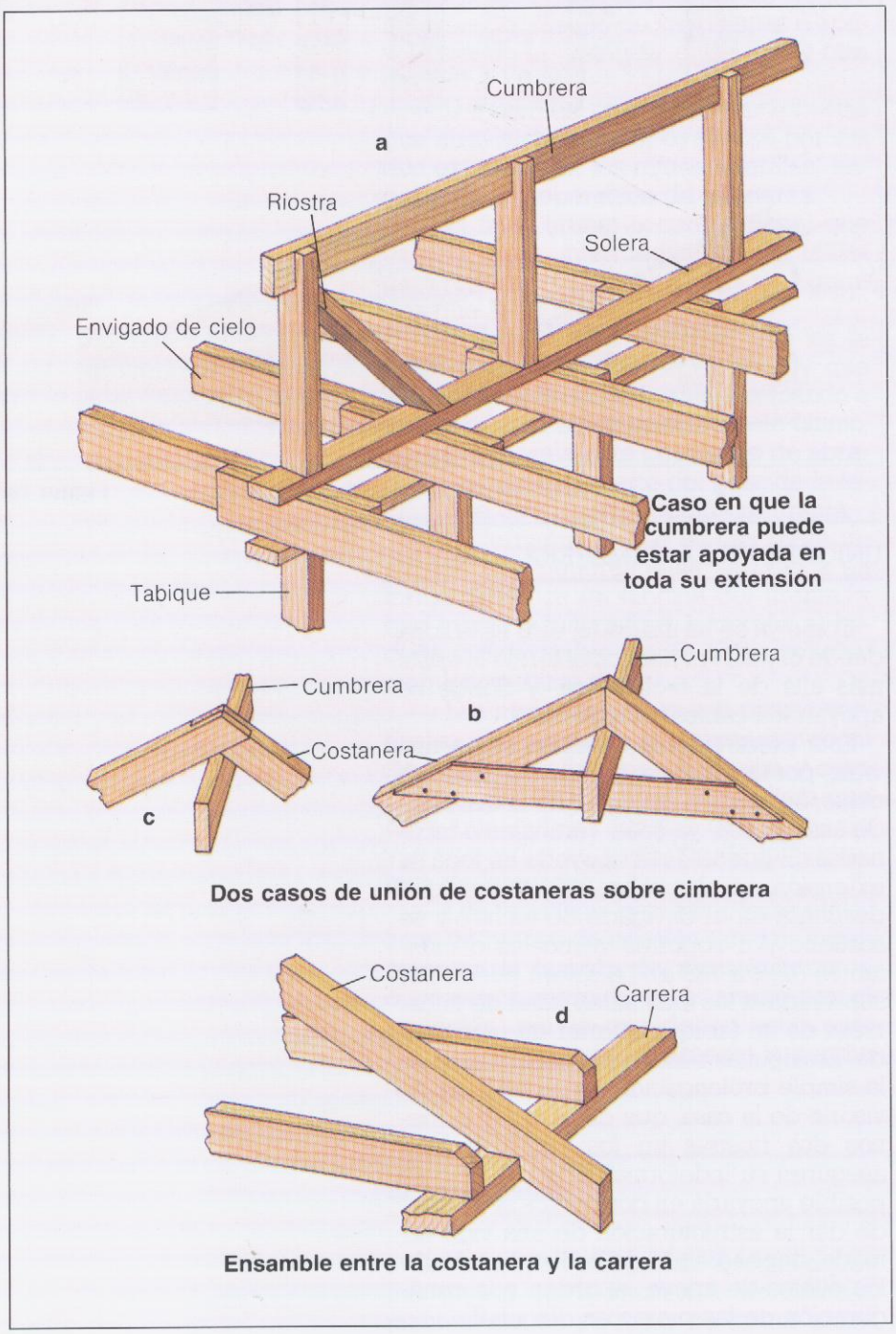
Uniones de costaneras

Al trabajar flexionadas, se colocan de canto y su escuadría (considerada siempre en función de la distancia entre apoyos) está entre la de una viga de techo y la de suelo. En algunas ocasiones es recomendable proporcionar apoyos auxiliares para así disminuir la luz. La distancia más frecuente entre una costanera y otra es de 0,80 a 1,0 m.

En el caso más simple, el de una techumbre de dos vertientes, las costaneras pueden ir simplemente cruzadas sobre la cumbrera, como se puede apreciar en la *figura 128 b*, donde quedan apoyadas de tope sobre la cumbrera y aseguradas por un elemento como tirante horizontal que asegura y fija el ángulo de las dos piezas. En la *figura 128 c* se aprecia otro caso muy similar al anterior, donde las costaneras quedan ensambladas entre sí a media madera. El extremo inferior de la costanera va apoyado en la carrera mediante un ensamble, como se muestra en la *figura 128 d*. La situación de este apoyo es independiente de la de las vigas de techo, ya que usualmente las distancias entre sí son diferentes.

Para la correcta situación de los cortes que se hacen en la costanera, de acuerdo con la escuadría de la carrera, se usan niveles con el fin de obtener un ajuste perfecto que coincida, además, con la inclinación de la techumbre adecuada a la situación geográfica de la construcción y su correspondiente pluviometría.

Figura 128



Uniones de pares

En este caso, la cercha aparece como el elemento articulador de la mayor parte de las piezas que constituyen la cubierta. La mayoría de las uniones están reforzadas con tornillos, pernos, pletinas y abrazaderas.

La diferencia más notable con el caso anterior es que los palos y la cumbrera se ensamblan en el pendolón, sin tocarse entre sí. De esta manera se produce la unión de los pares con el pendolón por medio del ensamble a caja, espiga y barbilla o bien a horquilla y barbilla.

En la figura *129 a* se puede ver, además, cómo se coloca una pletina de hierro a ambos lados del pendolón, fijada a esta pieza con tornillos de tuercas. Es importante que la sección del pendolón tenga como mínimo en su lado mayor 20 cm para ser aplicado el refuerzo metálico que se indica en la misma figura, y si esto no fuera posible porque, por ejemplo, el pendolón tiene 15 cm en su lado mayor, se hace el refuerzo por la cara menor, atravesándolo de lado a lado y fijando los pares por medio de un perno largo fijado con pernos.

El ensamble de la cumbrera con el pendolón puede quedar fijado por gravedad, porque la cumbrera está siempre actuando a compresión con respecto al pendolón, ya que el peso de la cubierta descansa en parte sobre ella.

Los pares también tienen varias maneras de unirse con el tirante, a través de ensambles de caja, espiga y barbilla. En estas uniones, el punto de contacto más conflictivo, desde el punto de vista mecánico, es la cara de la sección que se apoya en el tirante de manera más frontal, ya que sobre ella se transmite la mayor parte de la fuerza recogida por el par desde la cumbrera. La cara que recibe esta fuerza (del tirante) está sometida al cizallado y a la compresión, por lo que resulta conveniente aumentar la superficie de contacto en este sentido. Por ello existen diferentes maneras de disminuir el esfuerzo sufrido por el tirante, siendo común en todos ellos que la inclinación del corte de mayor esfuerzo sea la bisectriz del ángulo exterior formado por el tirante y el par con una profundidad que fluctúa, según el tipo de ensamble, entre los 3 y los 6 cm. Otra constante es que el trazo de tirante que queda libre del contacto sea al menos de 20 cm.

En la *figura 129 b* se puede ver un ejemplo de ensamble en que se refuerza la unión por medio de un tornillo de tuerca de 20 mm de diámetro (también podría ser una abrazadera), que tiene la particularidad de estar situado perpendicularmente al eje del par; además se aumenta la superficie de contacto al ser endentada, con lo que se reparte el esfuerzo de cizallado y corte en una longitud mayor de tirante. Es muy importante que mediante la ubicación de la cercha se logre que coincidan en un punto los ejes del pilar de muro, el par y el tirante, ya que con esto se pueden equilibrar mejor todas las fuerzas que se articulan en una cubierta y sus apoyos.

En la *figura 129 c* podemos ver otro método para aumentar la superficie de contacto de las caras más afectadas por el esfuerzo, consistente en agregar una pieza supletoria sobre el talón, con lo que la sección de encaje aumenta. Esta pieza anexa se integra al talón por medio de abrazaderas o dos tornillos de tuerca que arman un cabezal reforzado en cada extremo de los tirantes. En este caso también se mantiene el hecho de que la inclinación de corte sea la bisectriz del ángulo formado entre la pieza del par y la pieza del talón compuesto.

El hecho de que los ejes de las piezas que se han descrito coincidan en un punto es extensible a todas las piezas de la estructura de una cubierta.

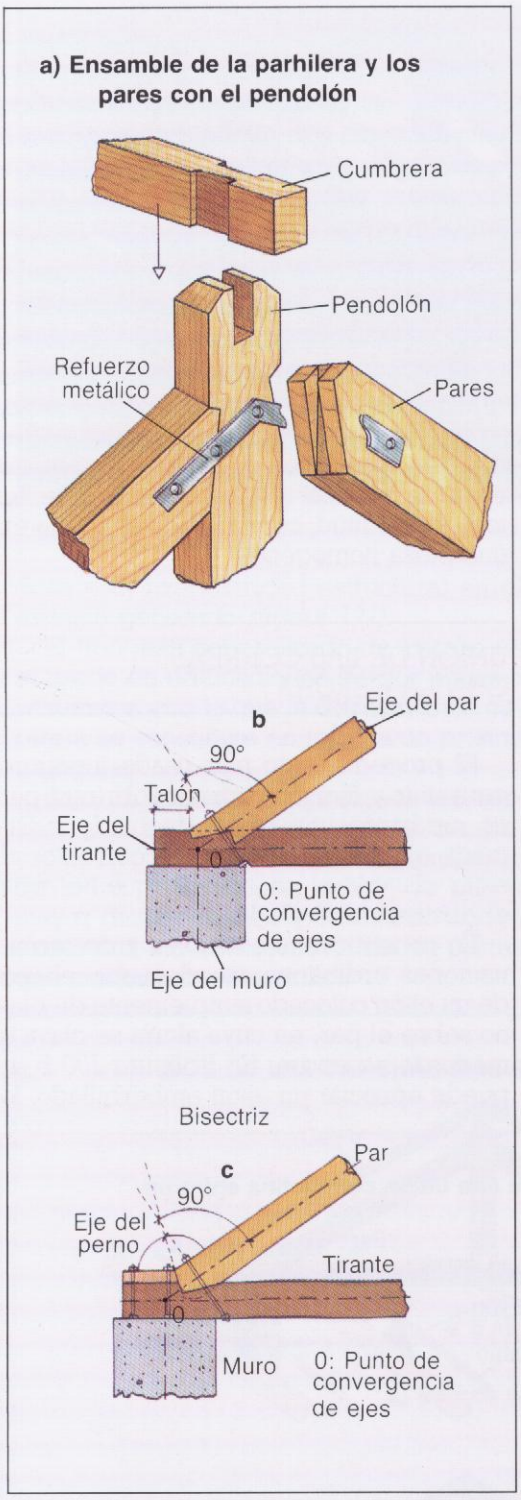


Figura 129

UNIONES EN EL PENDOLÓN

Existe una unión muy importante para el correcto funcionamiento mecánico de una cercha, que es la que conecta el pendolón con el tirante, ya que entre ambas piezas existe una pletina que las conecta sin unirlas materialmente, de manera que el apoyo del pendolón en el tirante sea de mayor superficie, por medio de la traducción de fuerza que hace la pletina (de

puntual a superficial), evitando que el tirante se arquee. Por lo tanto, pendolón y tirante jamás se deben hacer solidarios, aunque, erróneamente, a veces se hace esta unión sin que medie la pletina. En algunas ocasiones esta pletina sirve también para reforzar un tirante que se ha alargado para llegar a cubrir una luz mayor; si es así el tirante se empalma de modo que la unión trabaje a tracción, teniendo el cuidado de hacer coincidir este empalme con la fijación de la pletina. En la *figura 130 a*, donde se muestra de forma gráfica todo lo explicado anteriormente, se puede ver un empalme con llave y rediente. En el dibujo se ve claramente cómo la pletina abarca el empalme en toda su longitud, convirtiendo el tirante en una pieza homogénea.

UNIÓN DE LAS CORREAS CON LA CERCHA

El procedimiento más usado y seguro para unir y fijar una correa sobre un par es mediante una pieza de madera llamada ejión, que actúa como corrector al estar clavada al par, con lo que se evita el deslizamiento de la correa.

En construcciones simples y de terminaciones ordinarias es adecuado el uso de un ejión colocado simplemente de plano sobre el par, en cuya altura se clava a modo de escuadra. En la *figura 130 b* se puede apreciar un ejión embarbillado, lo cual constituye un grado de terminación más acabado, ya que con el sacado que se hace en el par se obtiene un tope más firme, donde los clavos no son los únicos elementos que trabajan a tracción.

Cuando una cubierta pesa mucho, ya sea por su materialidad o por el peso que deba soportar, es más conveniente poner la correa vertical al par y no perpendicular como en el caso anterior, ya que así está en la dirección de los esfuerzos que recibe al ser solicitada la cubierta; en este caso el ejión se sitúa tal como se muestra en la *figura 130 c*.

Existe la posibilidad de que el ejión no sea de madera y esté construido de hierro angular, con lo que se obtiene una correa perpendicular al par y fijada a esta pieza por medio de tornillos.

UNIÓN DE LAS CORREAS CON LAS COSTANERAS

Las correas trabajan a flexión y deben ser capaces de resistir en su punto medio una carga de 100 kg. Para una distancia entre costaneras de 0,80 a 1,0 m pueden ser de una escuadría de 5 × 5 cm.

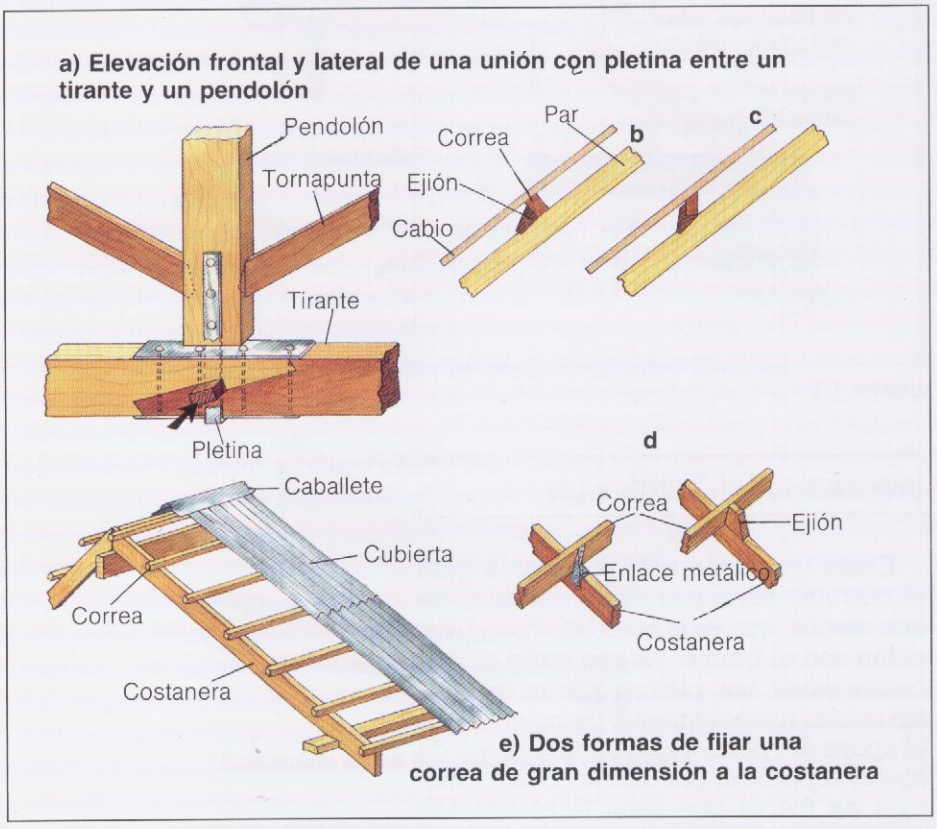
Antes de poner las correas, sus distancias deben distribuirse a lo largo de una costanera completa, de acuerdo con las separaciones que requiere el material de cubierta previsto. La primera correa se pone en el extremo del alero y la última a una distancia del eje de la techumbre suficiente para que permita la colocación posterior del caballete o remate superior de la cubierta.

Cuando la cubierta es de tejas o de cualquier recubrimiento que necesite el solape para su instalación, la longitud de la parte visible del material es igual a la distancia existente entre correas, medida de eje a eje.

Cuando una construcción tiene una gran magnitud, los apoyos de las correas suelen estar más distantes, por lo que se aumentan sus escuadrías, produciéndose una tendencia al volcamiento, debido a su posición inclinada, que se ve incrementada en la medida que la pendiente de la cubierta es más pronunciada. Para evitar esta situación se colocan ejiones de madera o enclaves metálicos, con lo cual las correas, sea cual sea su escuadría, quedan fijadas en la costanera *(figura 130 d)*.

Si las correas son de dimensiones estándar (de 5 × 5 cm), van directamente clavadas a las costaneras y presentan una cara de soporte inclinada paralela a éstas. La correa más exterior de la cumbrera sirve de soporte al alero, mientras que la más cercana constituye el soporte al ca-

Figura 130



a) Elevación frontal y lateral de una unión con pletina entre un tirante y un pendolón

e) Dos formas de fijar una correa de gran dimensión a la costanera

ballete, tal como se observa en la *figura 130 e*, donde se puede apreciar cómo se distribuyen las correas a lo largo de una costanera.

CLASES DE CERCHAS Y ARMAZONES

En general se entiende por armadura de cubierta la estructura que descansa sobre los muros perimetrales de un edificio, y se clasifica en dos tipos, según el tamaño del recinto que haya que cubrir: si la construcción es pequeña, es muy probable que dos de los muros más pequeños de lado y enfrentados se prolonguen hasta convertirse en hastial, con lo que el entramado de la cubierta se apoyará directamente en estos muros insertándose en estos tanto las carreras como la parhilera. Se entiende por pequeña construcción un espacio que no tenga más de 4 o 5 m. Cuando la separación entre los muros de mayor lado es considerable, se coloca una correa o varias entre la parhilera y la carrera, de manera que la distancia que deban salvar los cabios no supere los 2,5 m.

Si la edificación es de tamaño considerable se debe pensar en una estructura de madera capaz de salvar las luces entre muros perimetrales, denominada cuchillo o cercha, con las características de uniones y ensamblajes que anteriormente se han descrito.

Como las cerchas son una estructura más compleja, trataremos la conformación que adquieren según sea el caso.

Básicamente, la función de las cerchas es la de transmitir a los muros perimetrales o pies derechos de apoyo las cargas que se provocan en la cubierta, que son canalizadas principalmente por la parhilera y las correas. Estas cargas o fuerzas son tanto de tracción como de compresión, por lo que la cercha es fundamentalmente un triángulo subdividido en triángulos interiores que pueden repartir adecuadamente y compensar los esfuerzos mecánicos. La forma y distribución interna de las cerchas es múltiple, pero lo que determina el diseño final es el destino del edificio o del desván, ya que si bien es cierto que esta última construcción en un principio se usaba con el único fin de guardar y acumular objetos, actualmente estos tradicionales espacios residuales se habitan, de manera que, mediante sistemas de ventanas basculares y escaleras plegables de caracol, de un desván pasan a convertirse en una mansarda en la cual todos los encuentros de cubiertas quedan a la vista, integrándose esta irregularidad estructural en el espacio generado *(figura 131)*.

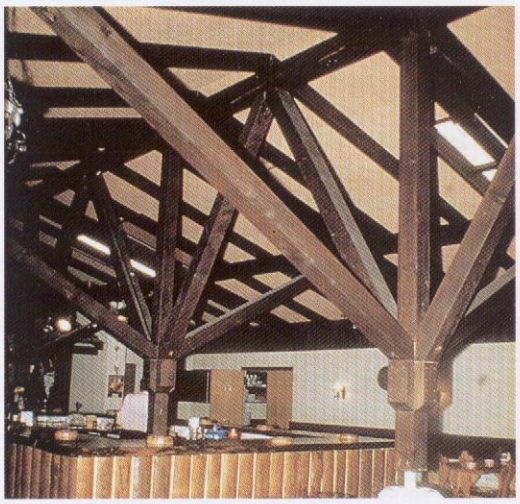
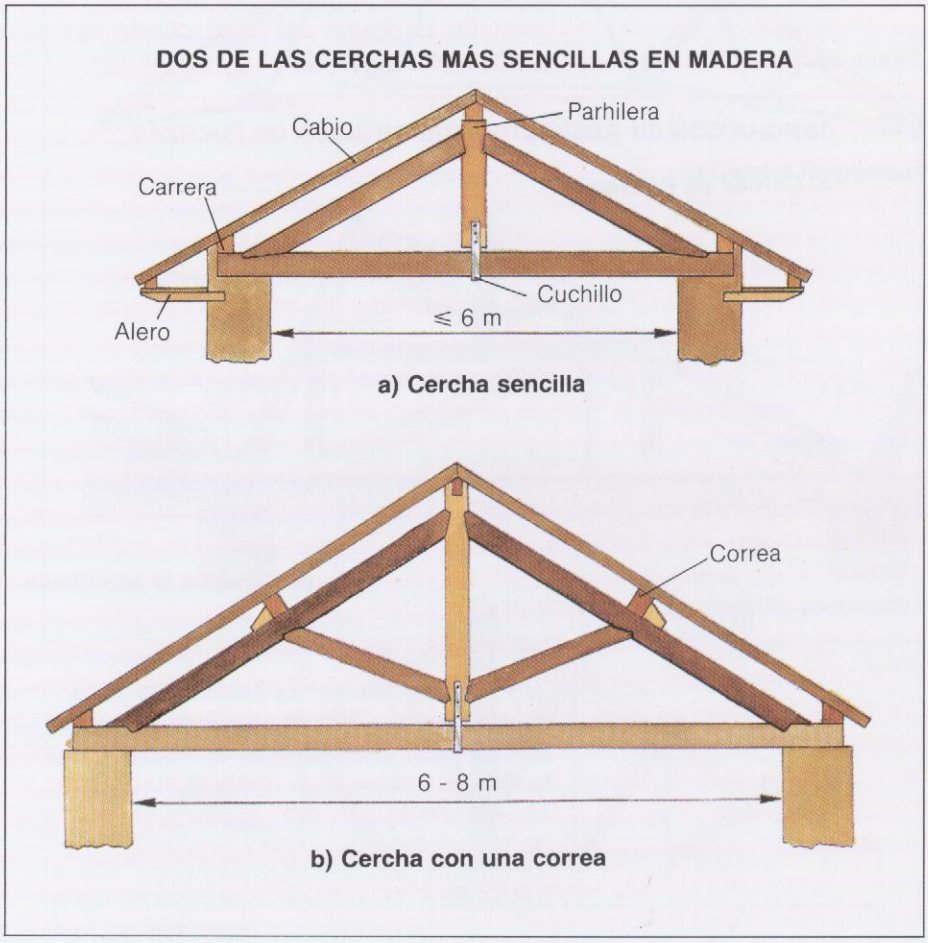


Figura 131

El tipo más generalizado de cercha es el usado en edificaciones de dos aguas o vertientes, con lo que la estructura de cubierta se constituye en torno a un prisma triangular.

Bajo un aspecto constructivo, las cerchas pueden ser más o menos complicadas en su estructuración, dependiendo de la luz que se deba cubrir, ya que a mayor distancia entre paredes de apoyo existe una mayor escuadría de las partes que conforman el cuchillo.

Figura 132



A continuación se describen las cerchas más importantes desde un punto de vista constructivo.

Cercha sencilla

En la *figura 132 a* se presenta una estructura que tiene la mínima cantidad de piezas para poder salvar luces de hasta 6 metros.

Los pares pueden estar unidos al pendolón por medio de pletinas o ensamblajes que trabajan satisfactoriamente a tracción.

En este caso no existen tirantes que triangulicen la figura formada por el tirante, el par y el pendolón, ya que la indeformabilidad está garantizada por la configuración que estas piezas dan.

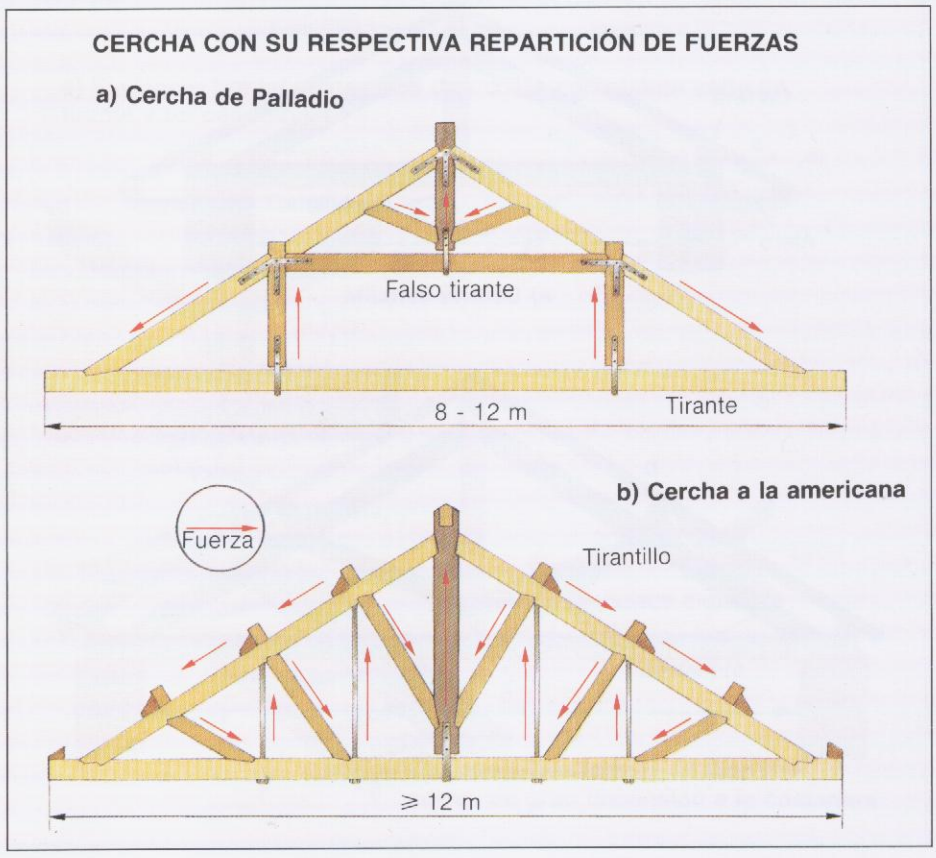
Los cuchillos deben situarse verticalmente sobre los muros, y a una distancia de 3 a 4 m el uno del otro, y para mantenerlos fuertemente unidos y en su lugar es necesario que se arriostren por medio de correas, siendo la parhilera la pieza fundamental para mantener las cerchas en vertical.

Cercha con una correa

En la *figura 132 b* se puede apreciar una estructura capaz de salvar luces entre 6 y 8 m, con lo cual la distancia que hay entre la carrera y la parhilera aumenta; si tenemos en cuenta que los cabios no pueden exceder los 2,5 m se debe intercalar entre estos dos puntos extremos una correa, sobre la cual se empalme el cabio para alcanzar la longitud deseada. A su vez el par se ve afectado por el nuevo esfuerzo que representa esta unión, lo que se alivia colocando dos tirantes que trasmiten el esfuerzo de flexión a la parte baja del pendolón. Es muy importante que tanto el empalme del cabio como el apoyo del tirante coincidan en una misma zona del par.

Esta cercha también es conocida con el nombre de cercha a la española, y es de uso muy frecuente en sistemas de casas prefabricadas.

Figura 133



Cercha con dos correas

Para salvar luces entre 8 y 12 m, entre dos paredes estructurales, se utiliza el tipo de cercha que se muestra en la *figura 126*. Las dos correas, al igual que en el caso anterior, se convierten en soportes de unión para que los dos empalmes de los cabios puedan quedar debidamente soportados. Para aliviar los pares, es decir, para evitar el trabajo de flexión, se colocan dos tornapuntas que se apoyan bajo las correas y sobre el pendolón, además de añadirse dos tirantes de sección tubular que se sitúan inmediatamente bajo la unión entre la tornapunta y el par, y que sirven para evitar la flexión del tirante al actuar dicho tirante a tracción. También se incluyen dos manguetas (piezas verticales de madera que se sitúan cerca del vértice, generan el encuentro del par con el tirante y cortan la distancia entre el eje del pendolón y el eje del muro de apoyo).

Cercha de Palladio

Para luces de 12 m o más se hace uso de esta estructura, que tiene como particularidad tener un tirante y un falso tirante, que permiten repartir hacia los extremos de la cercha los esfuerzos de flexión que transmite el pendolón desde una altura mucho mayor, con respecto a los muros de apoyo, que la generada en los casos anteriores *(figura 133 a)*.

Esta cercha lleva, en cada agua o pendiente, tres o más correas distribuidas a lo largo del par. En términos generales esta estructura articulada se compone, además del doble tirante, de los pares y tres pendolones que se unen preferen-

temente con pletinas de hierro y con las piezas adyacentes. El paralelismo que se produce entre los dos tirantes es fundamental para llegar a cubrir distancias que sobrepasen los 10 m, ya que se forma una verdadera viga compuesta triangularizada, indeformable y rígida. Al igual que en los dos casos anteriores, los tres pendolones no entran en contacto directo con los tirantes correspondientes, por lo que la flexión es mínima a todo lo largo de la cercha.

Cercha a la americana

Al igual que la cercha de Palladio, esta estructura está pensada para superar luces de 10 m en adelante. Como se puede apreciar en la *figura 133 b*, por cada pendiente hay tres o más correas distribuidas convenientemente sobre los pares; además, hay tantas tornapuntas como correas existan, coincidiendo una debajo de cada correa para impedir la flexión de los pares, y también tirantillos de hierro que actúan a tracción, anulando en parte la compresión que ejerce cada tornapunta sobre el tirante. En este tipo de cercha a la americana todas las tornapuntas trabajan a compresión.

Como la pendiente de las cubiertas depende, entre otras variables, de la longitud de la armadura, sucede que cuanto mayor es la luz de las armaduras, mayor es también la pendiente aconsejable para las mismas, puesto que las secciones de resistencias que hay que emplear están en razón inversa de la inclinación adoptada. En el caso de la cercha americana se puede ver cómo la influencia de la pendiente de las tornapuntas está en relación directa con la carga perpendicular que absorbe el tirantillo metálico. En la *figura 134 a* también se puede apreciar cómo la pendiente del par influye en la pendiente de las tornapuntas para obtener el mismo rendimiento frente a un esfuerzo de compresión.

Cercha Polonceau

Este tipo de cercha es de constitución mixta, ya que se combinan los pares y las tornapuntas de madera con una trama de tirantes y tirantillos de hierro de sección tubular, que actúan como pendolones y tirantes de madera, pero con la ventaja de tener mucha más resistencia a la tracción que las piezas de madera, por lo cual esta cercha compuesta resiste mucho a la compresión que se puede generar en un armazón que deba salvar grandes luces, como en este caso.

Los conectores entre la madera y los tirantes metálicos son unas pletinas dobles que empalman exteriormente con la madera y con los respectivos tensores en aquellas direcciones que convenga mecánicamente.

En la *figura 134 a* se puede ver cómo estos conectores llegan a articular una tornapunta de madera con tres tirantes de hierro, de manera que la tensión de las fuerzas de tracción y compresión se mantienen en perfecto equilibrio.

Cercha para cubiertas aserradas

Esta cercha es la que más se utiliza en industrias que quieren tener una buena iluminación a través de las aberturas que dejan entre sí las aguas desfasadas unas de otras, tal como se puede apreciar en la *figura 134 b*.

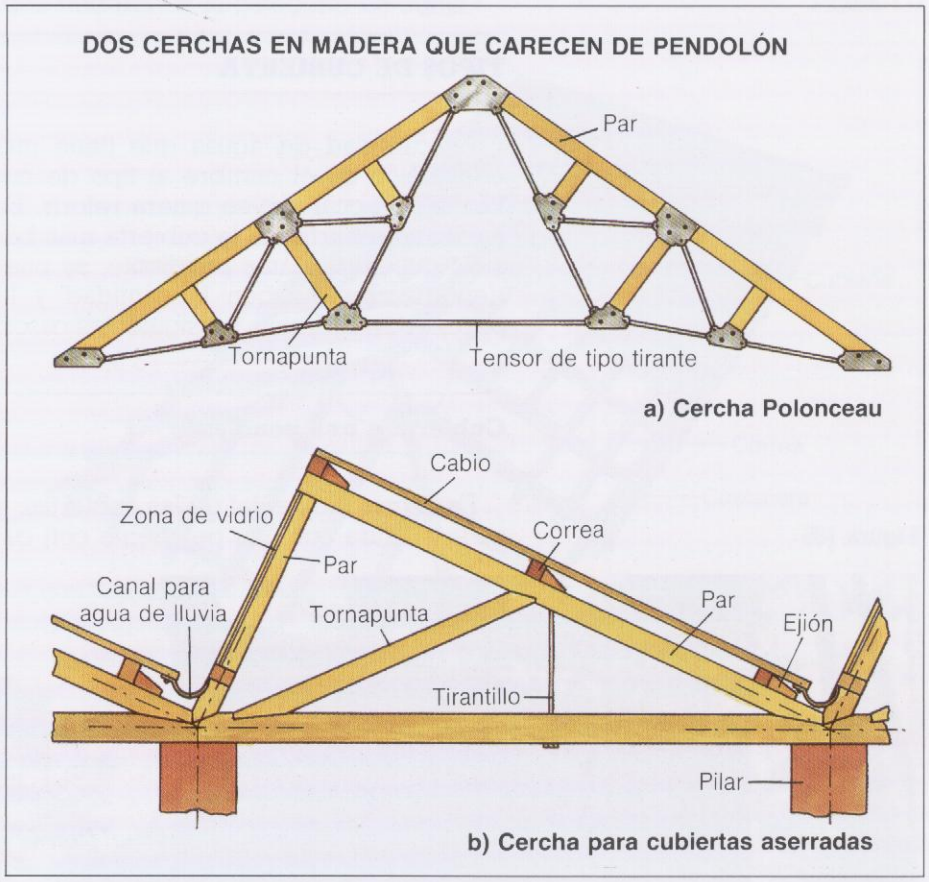


Figura 134

Para lograr una luz perfectamente distribuida y uniforme se cubre con cristales la vertiente más inclinada, teniendo el cuidado de orientar esta abertura hacia el norte, de manera que pueda captar una luz difusa que permita ser regulada y no una luz cegadora que, además, pueda generar un excesivo calor en el interior del espacio cubierto.

Una de las características de este sistema es que se puede instalar sobre una planta sin muros intermedios, de manera que los pilares que existan son los apoyos, a modo de luz que haya que salvar, de cada cercha.

El par más largo va reforzado por una tornapunta, ya que en el centro de su longitud se apoya una correa que transmite las fuerzas de compresión al punto donde coincide el par más corto con el pilar de apoyo. También hay un tirantillo que evita la flexión del tirante. El par del agua pequeña en realidad actúa como una tornapunta que trabaja a compresión, transmitiendo la mayor fuerza recogida a lo largo de todo el par mayor al eje del pilar.

Esta cercha y la denominada Polonceau tienen en común la ausencia de pendolón, por lo que la altura que una y otra pueden alcanzar desde el tirante a la parhilera no puede ser excesiva. El sistema de evacuación de aguas de lluvia aprovecha el encuentro, debajo, del par mayor con el par menor.

TIPOS DE CUBIERTA

La cantidad de aguas que tiene una edificación da el nombre al tipo de cubierta a la cual uno se quiera referir. Es así como a partir de la cubierta más básica, que sería a una pendiente, se pueden distinguir, según la cantidad y la ordenación de éstas, los siguientes casos:

Cubierta a una pendiente

Es la más elemental de las cubiertas, y se estructura con una pendiente con caballete, un alero inferior, un alero superior, y dos bastiales o muros perimetrales que sostienen el envigado de techo *(figura 135)*.

Aunque esta es la estructura más elemental en madera para cubrir una construcción habitable, es conveniente desde un principio usar el material apropiado, es decir, se debe aplicar madera de buena calidad para la construcción en todos los elementos descritos anteriormente. La madera más indicada para las cerchas es la de melis, pino y en algunas ocasiones abeto. En todo caso, sea cual sea la madera, ésta debe ser sana, sin grietas ni nudos que puedan debilitar la estructura armada, para la cual, si es de gran envergadura, se estudia, según las fuerzas predominantes en cada pieza, la posibilidad de usar maderas diversas que se adecuen con mayor facilidad a cada uno de los esfuerzos.

Figura 135

Cubierta a dos pendientes

Es el caso más popular y extendido de cubierta, siendo la estructura elemental a partir de la cual se desarrollan complicadas combinaciones de cubiertas encontradas, y que se detallan a continuación. Esta cubierta en particular consta de dos vertientes que suelen tener igual pendiente y extensión a ambos lados de la cumbrera. Dichas vertientes terminan en línea horizontal a lo largo de los muros longitudinales del edificio, formando dos aleros que no son más que la prolongación del cabio y su recubrimiento. El encuentro superior de las pendientes se denomina caballete, y suele coincidir con el eje longitudinal de la planta construida, siendo, en algunos casos, la mayor altura interior si es que la estructura de techumbre está constituida por costaneras a la vista, tal como se puede apreciar en la *figura 136*. Cuando la estructura de techumbre está armada a partir de cerchas, nos podemos encontrar con todas las clases descritas anteriormente, salvo el caso de la cercha aserrada para fábricas que no es de frontón triangular.

Cubierta con faldones o a cuatro aguas

En este caso aparecen nuevos elementos estructurales, ya que al tener la cubierta cuatro aguas se han evitado los hastiales, como son las cuatro limatesas, que los carpinteros llaman simplemente

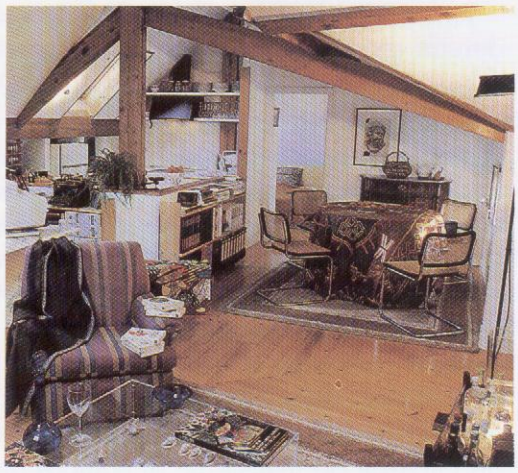


Figura 136

limatones y que, aunque son inclinadas, al ser vistas en planta forman ángulos de 45° *(figura 137 b)*.

Esto es importante para situar sobre el envigado de techo los puntos exactos que sirven para establecer el comienzo y el término de la futura cumbrera. Estos puntos están en el eje del rectángulo que forma el contorno de la casa, a una distancia de los extremos igual a la mitad de su ancho. Para esto se puede tomar el contorno de los muros exteriores de la casa o el perímetro que forma la techumbre vista en planta e incluyendo los aleros.

La cumbrera se sostiene de manera semejante a la estructura que se muestra en la *figura 130 e*. Las propias costaneras sirven de arriostramiento, ya que apuntalan la cumbrera en todas las direcciones que se pueden ver en la *figura 137 a*. En este tipo de estructura las limatesas son muy importantes, ya que, una vez instalada la cumbrera, sirven como soporte a las costaneras cortas que forman las dos aguas llamadas faldones, que cortarán las otras dos vertientes según las líneas salientes o limatesas, que concurren en el nudo del caballete.

Estas piezas están sometidas a la flexión en mayor grado que las costaneras corrientes, puesto que, además de servir de apoyo a las costaneras cortas, tienen mayor longitud que ellas. Por lo que la escuadría de estas piezas es aumentada y, si esto no fuera posible, se les proporciona apoyos intermedios por medio de tornapuntas.

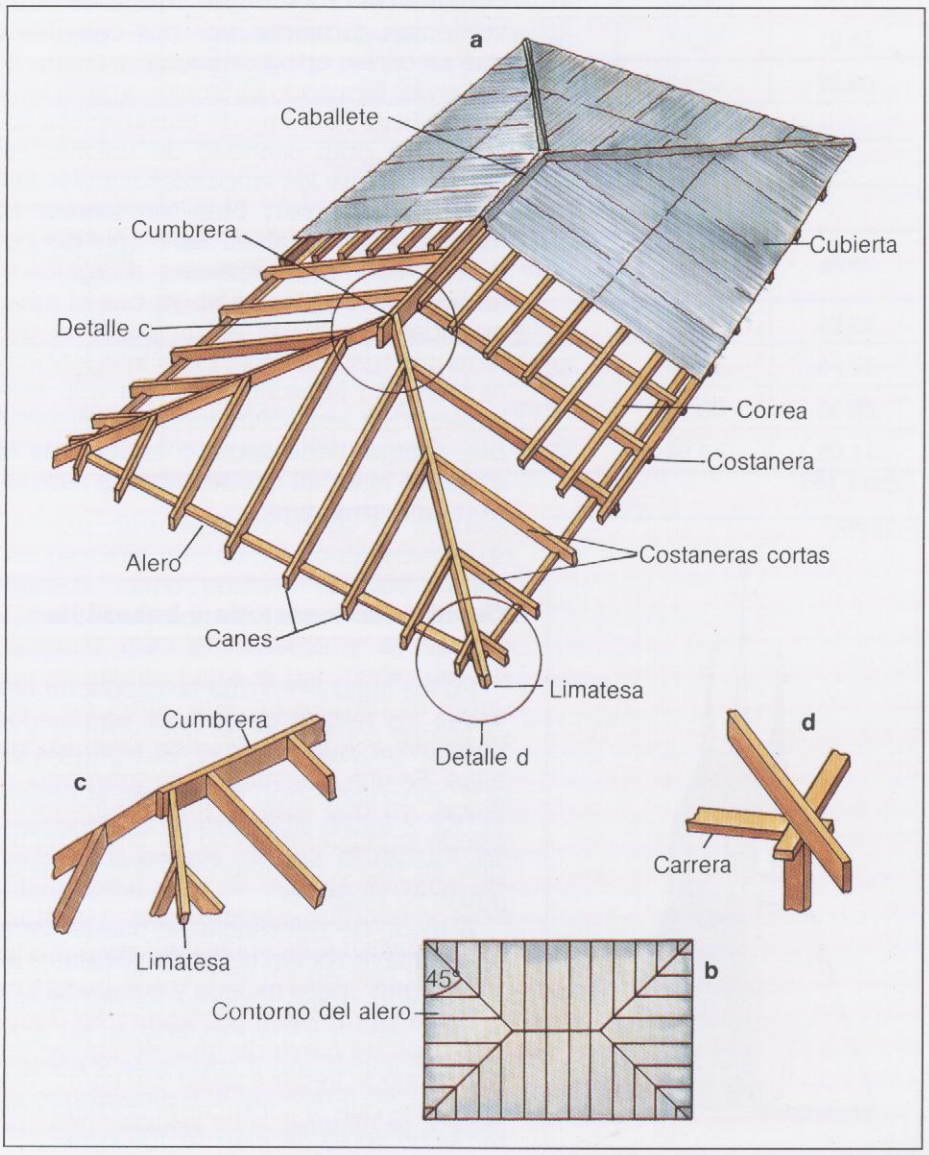
El extremo superior de la limatesa puede descansar sobre la cumbrera o apoyarse en la cara lateral de la cumbrera *(figura 137 c)*. Con respecto al extremo inferior de esta pieza, tal como se ve en la *figura 137 d*, pasa justo en medio de la esquina de la carrera. Si en este punto las carreras tienen sus puntas sobresalientes, la limatesa pasa por el ángulo que forman esos dos salientes.

Es aconsejable presentar tablas auxiliares en los sitios donde van las limatesas, lo cual puede hacerse antes de levantar la cumbrera, para constatar y visualizar la forma real que va a tener esta enmaderación de techumbre, distribuir los maderos según las distancias adecuadas que deban tener entre sí, y en general poder aclarar todas las dudas que se presenten.

Cubierta de pabellón

Se trata de una cubierta con un solo nudo de caballete en el cual confluyen los cuatro faldones. En este caso el nudo de caballete se llama cúspide, y generalmente este tipo de construcción se puede ver en iglesias, donde los planos que forman las vertientes son muy inclinados y pueden llamarse torre, aguja o flecha. En la *figura 138* vemos dos cubiertas, una de las cuales, la más esbelta, corresponde a una cubierta de pabellón muy estilizada, que entraría en la categoría de aguja.

Figura 137



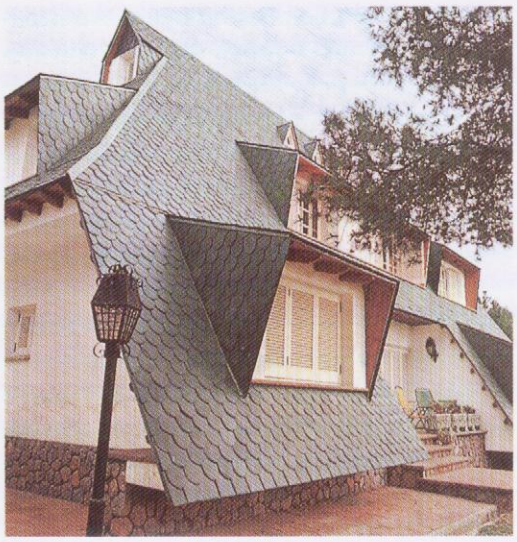
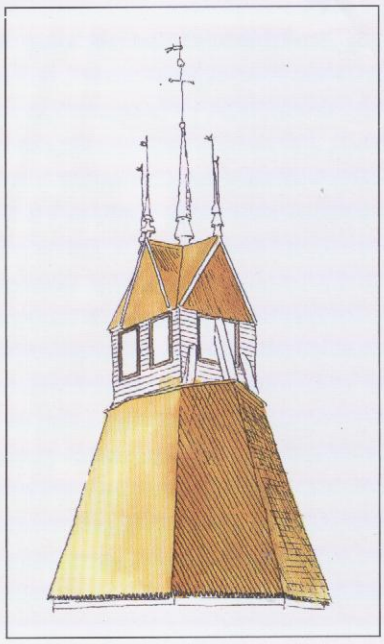


Figura 139

Cubierta de crucero

También en la *figura 138* podemos ver la terminación de una torre, mediante la cubierta de crucero que consta de ocho vertientes, formadas por dos caballetes que se cortan ortogonalmente y cuatro limahoyas, formando un frontón a cada lado del edificio. Este tipo de construcción supone una gran cantidad de uniones en 45°, por lo que los empalmes y juntas tienen que estar muy bien terminados. El aspecto estructural en este tipo de cubiertas está prácticamente solucionado en su propia ordenación, ya que al estar cruzadas dos aguas en un punto se genera una triangulación, tanto interiormente como en la techumbre. Por ello esta cubierta es estructuralmente muy estable, aunque tiene como contrapartida el excesivo material que se necesita para lograr esta armadura.

Figura 138



Cubierta de mansarda o buhardilla

En los lugares en que se producen nevadas los techos deben ser empinados para evitar que la nieve se acumule en ellos. Es una precaución de gran importancia, ya que este factor circunstancial puede significar un peso de tal magnitud que un techo corriente de dos a cuatro aguas no resistiría.

A modo de referencia, se puede decir que la nieve recién caída fluctúa entre 80 y 190 kg/m^3, pero mojada y compacta por la lluvia va de 240 a 800 kg/m^3. Es decir, una capa de nieve de unos 40 cm de espesor puede llegar a pesar 320 kg/m^3. Recuérdese que la sobrecarga corriente de un techo no es de más de 100 kg/m^2.

Para aprovechar el espacio interior que genera este tipo de techumbre se pueden disponer habitaciones, que reciben el nombre de buhardillas, nombre que también se da a las ventanas laterales que sobresalen desde las vertientes laterales, tal como se puede ver en la *figura 139*, donde se aprecian ventanas de diferentes tamaños que convierten las aguas en la verdadera cubierta-muro de toda una edificación.

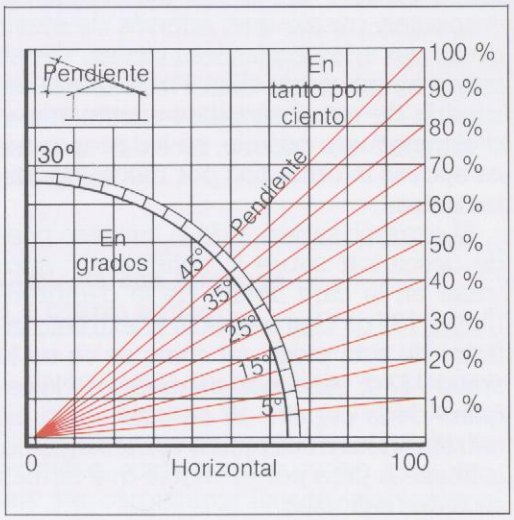
A veces la cubierta tiene una quebradura horizontal, a la altura del techo de las habitaciones, que continúa y se acentúa hacia abajo, conociéndose por el nombre de cubierta de mansarda; el nombre de este tipo de estructura viene del arquitecto francés Mansard, quien lo pensó para aprovechar los espacios bajo cubierta como viviendas o almacén.

PENDIENTE EN LAS CUBIERTAS

Los planos que forman una cubierta pueden adoptar una multitud de formas, tal como se ha visto en los casos anteriores, ya que tienen que adaptarse a la planta que se cubre y también a las condiciones climáticas del lugar donde se emplaza la construcción.

Las vertientes se construyen con una inclinación o pendiente determinada de dos maneras *(figura 140)*: *a*) en grados, según el ángulo que forma la vertiente con el plano horizontal; se habla así de una pendiente de 15°, de 40°, según sea ese ángulo. *b*) En tanto por ciento, que se refiere a la cantidad de centímetros que sube la pendiente por cada 100 cm horizontales que avanza. Es decir, cuando una pendiente sube 15 cm por cada 100 cm horizontales, decimos que su inclinación es del 15 %.

Figura 140



Como se puede ver en la *figura 140*, son dos maneras distintas de medir una característica de una techumbre y no tienen relación numérica entre sí.

Una de las características que influyen en la pendiente de una cubierta es la clase de material que se emplea en el recubrimiento; por ejemplo, una cubierta de teja plana sobre latas, con armadura de 6 m de luz, necesita una pendiente del 35 %, y por razones de seguridad o de mal comportamiento mecánico, que producen pandeos en la cubierta, es necesario aumentar la pendiente al 40 %, pues se podrían producir goteras.

Las incidencias del medio ambiente en la cubierta, como la presión del viento y el peso de la nieve, determinan la pendiente aconsejable para un buen funcionamiento de toda la estructura mecánica de la armadura. En los *cuadros IX y X* se muestra la relación de fuerzas en pendiente que actúan en un metro cuadrado de cubierta.

También hay que tener en cuenta que a mayor número de juntas en el material que conforma el revestimiento de la cubierta, tanto más inclinada es la pendiente, ya que estas uniones superficiales se traducen en asperezas y texturas capaces de frenar el escurrimiento de las aguas de lluvia, además de aumentar las posibilidades de filtraciones.

A modo de resumen podemos decir que a menor inclinación tiene que haber una superficie lisa con la menor cantidad de piezas conformando el material de cubierta y, por el contrario, si necesitamos una gran inclinación para desalojar la nieve que caiga esporádicamente, se puede contar con tejas de piedra o de madera o un conjunto de piezas que fragmente la superficie de la cubierta, sin temor a que la nieve se mantenga sobre ella.

ENTRAMADO DE CUBIERTA

La descripción que se ha hecho de encuentros de una estructura cubierta ya da ciertos datos sobre entramados de cubiertas, tales como la parhilera y las correas, que unen y mantienen a distancia una cercha de otra, pero para una mayor precisión diremos que las correas van de forma paralela a la cumbrera, y en el caso de una cubierta de dos aguas, se instalan en toda la longitud del edificio. Estas piezas tienen una escuadría muy variable, que está en relación directa con la distancia a la cual se encuentren las cerchas, la separación de las correas entre sí, y la forma y el peso del material que sirve para revestir la cubierta. En términos generales se puede decir que la sección de las correas es rectangular y las escuadrías pueden variar de 5 × 15 a 8 × 24 centímetros. Las correas van fijas encima de los pares, si se estructura la cubierta con cerchas, y encima de las costaneras si se carece de ellas *(figura 130 e)*.

Como en el primer caso (estructura de cerchas), se utiliza un entramado más complejo e interesante desde un punto de vista de articulación mecánica.

Las correas van fijas en los pares a una distancia de eje a eje de 2,5 m como máximo. Las cubiertas de planchas acanaladas de fibrocemento y cinc se pueden colocar directamente sobre las correas, sin requerir otro elemento intermedio de fijación, como podrían ser los cabios. Estas piezas son de menor sección rectangular que las correas y se apoyan directamente entre sí por medio de clavos, de forma que constituyen un entramado ortogonal en donde los cabios se colocan a una distancia de 60 a 100 cm, según la carga que deban soportar, y su escuadría es en promedio de 7,5 × 7,5 cm. Sobre los cabios va una estructura llamada tabla ripia, la cual va clavada, solapada o simplemente adosada y sirve como base de fijación para instalar la teja curva. Si la cubierta es de teja plana, la tabla ripia se sustituye por el enlistonado, que es de una escuadría menor que los cabios y se coloca a una distancia entre sí equivalente a la necesaria para que se apoyen las tejas y se disimule su solape.

Cuadro IX

PRESIÓN DEL VIENTO					
Sobre la vertical kg/m²	kg/m² según sea la pendiente				
	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
50	14,62	17,10	18,73	21,13	26,70
75	21,93	25,65	28,10	31,70	34,05
100	29,24	34,20	37,46	42,26	45,40
125	36,55	42,75	46,86	52,83	56,75
150	43,86	51,30	56,19	63,39	68,10
175	51,17	59,85	65,86	73,96	79,45
200	58,48	68,40	74,92	84,52	90,80

Cuadro X

PESO DE LA NIEVE					
Espesor sobre la horizontal c/m²	kg/m² según sea la pendiente				
	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
25	23,91	23,50	23,18	22,66	22,28
50	47,82	46,99	46,36	45,32	44,55
75	71,73	70,48	69,54	67,98	66,83
100	95,63	93,97	92,72	90,64	89,11

Figura 141

Cuadro XI

Fuerzas	Pino kg/m²	Abeto kg/m²	Melis kg/m²
Tracción	0,70	0,70	0,90
Compresión	0,60	0,50	0,80
Flexión	0,70	0,70	0,90
Cortadura	0,08	0,06	0,12

Naturaleza del viento	Velocidad		Presión
	por 1″ m	por hora km	Por m² kg
Viento apenas sensible	1	3,6	0,14
Brisa ligera	2	7,2	0,54
Viento fresco o brisa	4	14,4	2,17
Viento moderado	6 7 9	21,6 25,2 32,4	4,87 6,64 11
Viento fuerte	10 12	36 43	13,50 19,50
Duro	15	54	30,50
Muy duro	20	72	54
Temporal	24	86	78
Borrasca	30	108	122
Huracán que arranca árboles	36	130	176
Huracán que derriba casas	45	162	277

Cuadro XII

Actualmente se han sustituido los cabios por planchas de aglomerado hidrófugo que se colocan directamente sobre las correas por medio de clavos y sobre ellas se clavan unos listones que sirven para que se fije una tela asfáltica que a su vez quedará cubierta por otro listoneado, ortogonal al primero, y que tiene como función servir de apoyo a las tejas planas. La función de la tela asfáltica es doble, porque, además de ser una capa impermeable, genera, por su colocación, bolsas de aire que ayudan a formar una barrera térmica entre el exterior y el interior habitado. En la *figura 141* se puede apreciar el proceso de colocación de esta nueva modalidad que ahorra a la vez tiempo y mano de obra.

Arriostramiento de la cubierta

En la estructura de la cubierta no basta con mantener separadas las cerchas por medio de correas para evitar que se dé la posibilidad de volcado o deformación de la armadura, ya que existen otros esfuerzos distintos a las cargas verticales que ya pueden soportar los diferentes diseños de cerchas. El esfuerzo más importante ante el cual se debe arriostrar toda la estructura es el producido por el viento, ya que si no se toman las debidas precauciones se puede correr el riesgo de derrumbamiento o de serios daños estructurales.

A modo de ejemplo y para que sea más fácil comprender la fuerza que es capaz de generar el viento, se procura, en primer lugar, que la madera utilizada en la construcción de cubiertas tenga una resistencia básica. Tradicionalmente para la armadura se ha usado la de pinos procedentes de América del Norte y para los entramados, madera de Flandes; actualmente se utilizan maderas de pino y melis de buena calidad, indistintamente para la totalidad de la estructura, y madera de abeto con menor frecuencia. En el *cuadro XI* se muestran las tensiones de seguridad máximas que garantizan el buen estado de una cubierta.

En el *cuadro XII* se puede apreciar cómo el viento, según su velocidad, puede generar una determinada presión por metro cuadrado, en cualquier sentido y dirección, sobre la cubierta terminada. Un factor que junto a la velocidad es muy importante en la capacidad destructiva del viento es el tiempo en que se aplica dicha fuerza, ya que es muy diferente una fuerza de 80 km/h durante 5 segundos que la misma fuerza durante 1 minuto.

Mediante el arriostramiento, se consolida la estructura de la cubierta y se pueden contrarrestrar los esfuerzos a los que se puede enfrentar, en sus diversos niveles. Es muy importante, en zonas donde se pueda sufrir los efectos de un tornado o un huracán, que en todas las uniones que tradicionalmente se hacen con clavos se utilicen tornillos, ya que frente a la tracción producida por estos fenómenos atmosféricos, dichos elementos de unión actuarán con mayor firmeza y resistencia.

Los ensambles de las correas con los pares no son suficientes para garantizar que, frente a un esfuerzo de vuelco, las

cerchas puedan resistir en su posición vertical. Con el fin de evitar esta posibilidad, se ensambla entre la parhilera y el pendolón un jabalcón o pieza inclinada que, trabajando a compresión, sirve de puntal y forma un triángulo que evita todo movimiento paralelo a la cumbrera.

Como alternativa existe la posibilidad de reemplazar los jabalcones por cruces de San Andrés, que no son otra cosa que dos listones entrecruzados que triangulizan la distancia que hay entre un pendolón y otro *(figura 142)*.

Si las cerchas se apoyan en pies derechos, en lugar de descansar sobre los muros perimetrales de una construcción, se debe hacer un arriostramiento mediante jabalcones que unan el pie derecho con el tirante y la carrera, a fin de garantizar la verticalidad de la cercha.

Cuando la cubierta tiene faldón, se tienen que incorporar ciertas piezas para lograr el arriostramiento entre la primera y la última cercha y el muro cabezal de la construcción.

En la *figura 142* se puede apreciar cómo el faldón tiene su propio par y tirante, además de existir una pieza tipo jabalcón en horizontal que ayuda a que el tirante del faldón y el tirante de la cercha se mantengan indeformables.

Cuando la altura del pendolón sea muy grande, y por lo tanto la limatesa incremente su longitud, esta pieza se reforma con dos parecillos que descargan antes hacia el muro perimetral toda la fuerza de compresión que viene desde el nudo del caballete.

Si la luz que hay que salvar por la cercha es considerable, también se arriostran los cabezales de la estructura de cubierta por medio de unos tirantes en diagonal, llamados aguilones, que unen el vértice inferior del faldón con el punto medio del cuadral.

CÁLCULO GENERAL DE UNA CUBIERTA

Uno de los primeros factores que se deben aclarar en el momento de querer hacer el cálculo de resistencia de una cubierta es que el peso que hay que considerar tiene la siguiente distinción: *a*) el peso propio de la cubierta con su armazón y material de revestimiento, que es constante; *b*) el peso adicional que actúa como sobrecarga accidental y que tiene que considerarse, para los efectos del cálculo de seguridad, como peso máximo de incidencia, ya que una cubierta tiene que estar preparada para resistir situaciones climáticas extremas.

Para los distintos tipos de cubierta pueden adoptarse prácticamente las cargas totales indicadas en el *cuadro XIII*.

Cuando las estructuras de cubierta son de grandes dimensiones, es conveniente que el cálculo de las armaduras se haga de manera que las cargas sean algo exageradas, mientras que los coeficientes de trabajo de la madera empleada pueden considerarse menores.

Todos los datos indicados en el *cuadro XIII* están considerados en condiciones normales, es decir, en una cubierta emplazada en las proximidades del mar en donde la presión del viento y la sobrecarga se puede calcular de 25 a 30 kg/m^2. En todo caso las sobrecargas adicionales son muy variables, pudiendo doblar el peso de la estructura por sí solas o ser nu-

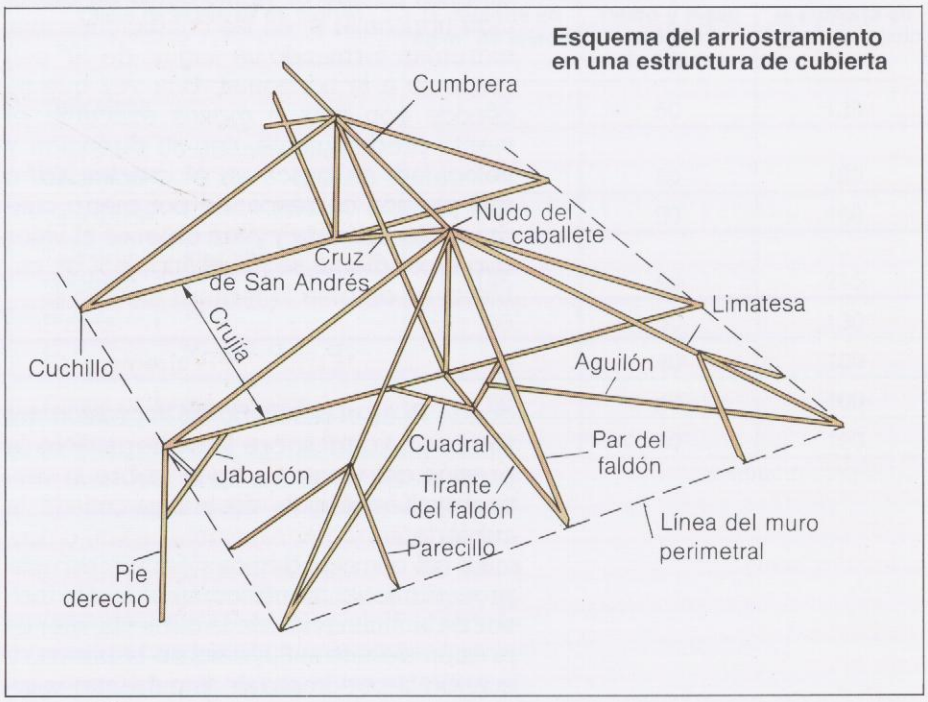


Figura 142

Cuadro XIII

Peso del material de techar en kg/m^3 de superficie para cubrir		Peso de la armadura de madera en kg/m^2 de superficie para cubrir	Peso del cielo raso en kg/m^2	Peso total de la cubierta en kg/m^2
Teja plana	25	35	25	85
Teja plana y machihembrado de cerámica	75	40	25	140
Teja árabe	30	55	25	110
Teja plana y machihembrado de cerámica	80	60	25	165
Pizarra	30	30	20	80
Fibrocemento	20	20	20	60
Chapa ondulada metálica	15	25	20	100
Vidrio	15	45	20	80

las. Cuando nos encontremos con un medio en que haya mucho viento y el índice de lluvia sea bajo y el de nieve nulo, lo aconsejable es construir una cubierta casi plana, pero si el caso es inverso se justifica una cubierta muy inclinada.

Cálculo de la presión ejercida por el viento

Este cálculo se hace teniendo en cuenta los datos indicados en el *cuadro XIII*, o los que se ajustan a cada caso particular en las diferentes condiciones y orientaciones en que se emplaza una edificación. En todo caso existen ciertas constantes que son válidas en todo el mundo y una de ellas es que el viento actúa en dirección horizontal o, en las condiciones más extremas, formando un ángulo de 10° con respecto a la horizontal. Una vez que se conoce con más o menos exactitud el viento predominante, con su dirección y velocidad, se busca en el *cuadro XIII* a qué presión corresponde por metro cuadrado de cubierta y para obtener el valor correspondiente según el ángulo X de cubierta se emplea lo formula siguiente:

$$P_1 = P \cdot \text{sen}X,$$

donde P_1 es el resultado de la presión del viento en kg/m^2 sobre la cubierta; P es la presión del viento en kg/m^2 sobre la vertical; y X el ángulo de inclinación de la cubierta.

Es así como podemos deducir, de este procedimiento numérico, que cuanto menor es la inclinación de la cubierta, menos presión de aire influye sobre la misma; y cuando la pendiente de la cubierta es inferior a los 17°, es prácticamente nula la incidencia del viento.

En la *figura 143* se puede ver la construcción de una casa cuya cubierta tiene una inclinación cercana a los 30°, apta para aguantar nieve en cantidades moderadas y con una buena resistencia al viento.

Cuadro XIV

Espesor de la nieve en cm	Peso de la nieve en kg/m^2 sobre la horizontal	
	Nieve sin helar	Nieve helada
10	10	50
20	20	100
30	30	150
40	40	200
50	50	250
60	60	300
70	70	350
80	80	400
90	90	450
100	100	500

Figura 143

Para efectos de cálculo, la presión del viento se calcula sólo sobre una de las vertientes, eligiéndose la que recibe de forma más predominante la fuerza del viento.

Cálculo de la presión ejercida por la nieve

De la misma forma que el viento es variable, la presión ejercida por la nieve depende mucho de las condiciones atmosféricas que siguen a una nevada, ya que el peso de la nieve aumenta al triple o más si es mojada por la lluvia. Aproximadamente suele considerarse como sobrecarga de nieve cuando ésta incide sobre la cubierta con una presión equivalente a 45 kg/m^2, en los casos más desfavorables.

A modo de referencia, consideremos el caso hipotético de una cubierta completamente plana sobre la cual cae nieve; el peso de ésta sobre dicha cubierta se calcula por metro cuadrado según su espesor, de acuerdo con el *cuadro XIV*.

En contrapartida, el efecto de la nieve sobre una pendiente de 45° es prácticamente nulo.

Al igual que el viento, la nieve y su presión sobre la cubierta se miden en metros cuadrados sobre un plano inclinado, aunque el comportamiento de la nieve bajo ciertas condiciones climáticas bastante usuales y sobre pendientes menores de 40° es muy similar a la de un plano inclinado al quedar ésta enganchada a las cubiertas hasta que la temperatura suba *(figura 144)*. Por esta razón los datos indicados en el *cuadro XIII* son aplicables a la siguiente fórmula:

$$P_2 = P \cos B,$$

donde P_2 es el resultado del peso de la nieve en kg/m^2 según sea la inclinación

Figura 144

de la cubierta; P es el peso de la nieve en kg/m^2, sobre la horizontal; y B, el ángulo de inclinación de la cubierta.

Del planteamiento y resultados de esta fórmula se puede constatar que cuanto mayor sea la pendiente de la cubierta, menor peso afecta por metro cuadrado a la misma. Destacando que si la pendiente es superior a los 45°, es necesario tener en cuenta la sobrecarga de la nieve.

Hasta el momento hemos supuesto una cubierta de no más de dos aguas y de superficies lisas, pero es importante resaltar que si las pendientes son con mansardas, buhardillas con ventanas y encuentros propios de estas conformaciones, inevitablemente se incluyen recodos y depresiones donde se puede acumular la nieve con un volumen mayor que el que puede alcanzar sobre una superficie lisa. Todo esto incrementa las presiones, que se describen en el *cuadro XIV*, en la suposición del espesor de nieve sobre una superficie lisa. Además, influye en el efecto mecánico final de una sobrecarga si ésta está aplicada de forma asimétrica, por ejemplo, en una vertiente de una cubierta de dos, con lo cual la estructura tiende a la deformación, mientras que si son ambas las vertientes sobrecargadas la afección es a compresión.

Si a la nieve caída sobre una cubierta se le agrega un viento moderado sin lluvia, la sobrecarga puede aumentar en promedio de 40 a 50 kg/m^2.

Carga total sobre la cubierta

Se entiende como carga total el peso propio de la estructura de la cubierta más las sobrecargas adicionales indicadas anteriormente. Para las diferentes modalidades de cubiertas que tengan pendientes y características normales, es decir, con superficies más bien lisas y no muchas vertientes o aguas, pueden tomarse los datos del *cuadro XV* como referencias válidas.

CÁLCULO DEL ENTRAMADO DE UNA CUBIERTA

Conocer las cargas que afectan a una cubierta nos permite saber el peso que puede llegar a soportar cada una de las piezas que constituyen el entramado y, de esta manera, calcular cuáles son la escuadría y la longitud adecuada de los elementos que tienen que interactuar frente a la carga total, según sean el emplazamiento y la orientación de la construcción.

Cuadro XV

Clase de material de techar	Peso propio de la cubierta en kg/m^2 de tejado	Sobrecargas adicionales de viento y nieve en kg/m^2 de tejado	Carga total de la cubierta en kg/m^2 de tejado
Teja plana	85	50	135
Teja plana y machihembrado de cerámica	140	50	190
Teja árabe	110	50	160
Teja árabe y machihembrado de cerámica	165	50	215
Pizarra	80	50	130
Fibrocemento	60	40	100
Chapa ondulada metálica	60	40	100
Vidrio	80	40	120

Si abstraemos sólo el factor económico como única referencia importante, dejando de lado el material que se usa para techar, nos encontraremos con que la pendiente más económica, en función de la cantidad de piezas y ensambles que se tienen que hacer, oscila entre el 35 % y el 50 %, ya que a menor inclinación se tiene que incrementar la escuadría, y con ello el costo de cada pieza, por lo que las pendientes de poca inclinación en madera son siempre antieconómicas, y sus piezas (más pesadas), difíciles de transportar.

Figura 145

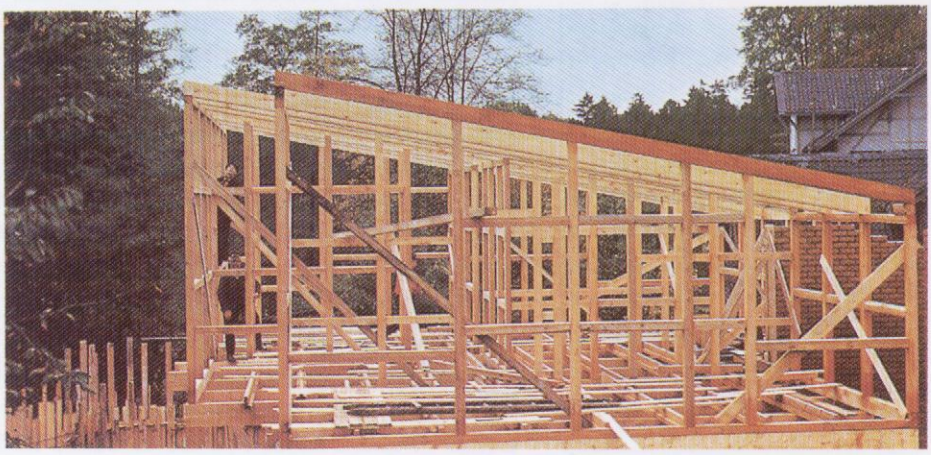
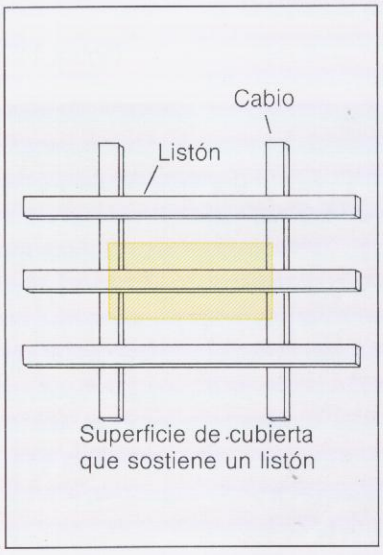


Figura 146

En la *figura 145* se puede ver cómo la construcción de un entramado con una pendiente no muy pronunciada (15°) provoca que todas las escuadrías de la construcción se deban aumentar, ya que el peso propio de las costaneras incide en los pies derechos, vigas y envigados de piso. De igual manera en la *figura 146* se muestra un interior con envigado a la vista, donde se aprecian las considerables escuadrías interiores de una vivienda cuyas pendientes son pequeñas.

La degradación de las cargas en un entramado de cubierta se comporta de la siguiente manera (siempre siguiendo el sentido gravitacional de las fuerzas): el material de techos o recubrimiento de techumbre recibe la presión del viento y de la nieve que actúan sobre él, el cual, incrementado en su propio peso, lo transmite a los listones sobre los cuales se apoya. A su vez los listones se apoyan en los cabios, los que reciben de aquéllos las cargas citadas más el peso propio de los listones cargados. Lo mismo ocurre con los cabios con respecto a las correas. Por último, todo el peso de los elementos anteriormente descritos más sus cargas se apoyan en los pares si la armadura está articulada a partir de cerchas, o en costaneras si se carece de ellas. En todo caso, si las cerchas fueran las cargadas, éstas transmitirían finalmente el peso de la cubierta a los muros estructurales y perimetrales de la construcción.

Figura 147



Cálculo de los listones

Para realizar este cálculo tendremos que hacer un supuesto hipotético, en el cual exista un conjunto de listones sometidos a una carga que incida y se reparta de manera uniforme en toda su longitud. Como el listón se apoya en el cabio inclinado (para efecto de este planteamiento supondremos que este contacto se hace horizontalmente), la carga se descompone en dos.

Planteado de esta manera, el listón apoyado en el cabio representa una viga apoyada con carga uniforme y, por lo tanto, para calcular el momento flector máximo (M.F.M.) se aplica la siguiente fórmula:

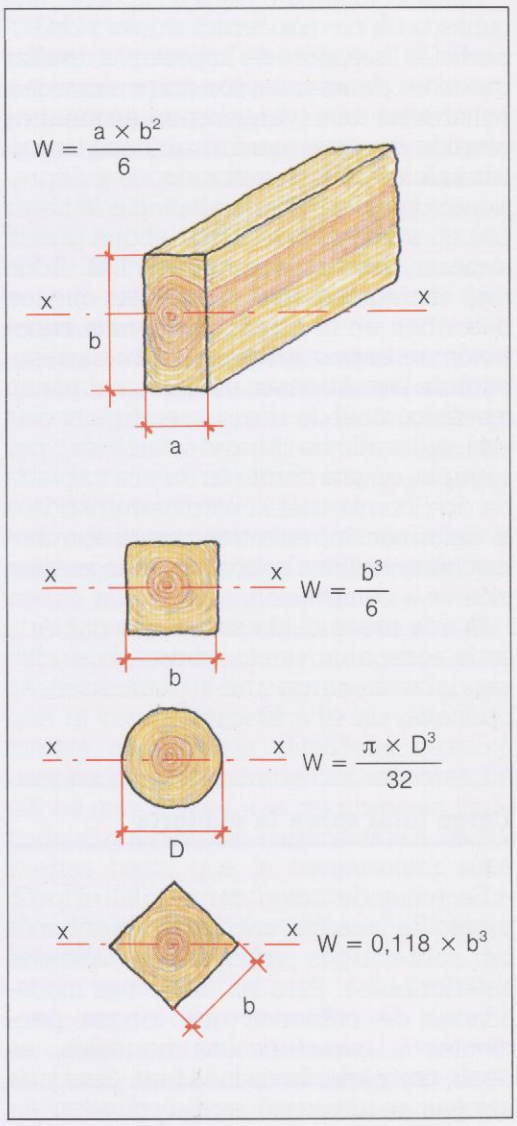
$$\text{M.F.M.} = \frac{P.L}{8}$$

donde P es el peso total sostenido y L la luz de apoyos.

El peso que soporta cada listón está generado por la distancia entre los listones y la luz entre cabios. En la *figura 147* se puede apreciar la disposición de los listones encima de los cabios. Para comprender mejor cuál es la superficie de cubierta que incide en un listón, se ha dibujado en la figura una zona rayada.

Una vez se sabe cuál es el momento flector máximo, se procede a calcular el

Figura 148



Sección en cm		Momento resistente en cm^3	Sección en cm		Momento resistente en cm^3	Sección en cm		Momento resistente en cm^3	Sección en cm		Momento resistente en cm^3
b	a		b	a		b	a		b	a	
5	2	8,33	10	5	83,33	16	7	298,66	24	12	1.152
	3	12,5		6	100		8	341		14	1.344
	4	16,66		7	116,7		10	426,7		16	1.536
	5	20,83		8	133,3		12	512		18	1.728
				9	150		14	597,3		20	1.920
				10	166,7		16	682,7		24	2.304
6	3	18	12	6	144	18	7	378	26	13	1.465
	4	24		7	168		10	540		15	1.690
	5	30		8	192		12	648		18	2.028
	6	36		9	216		14	756		20	2.253
				10	240		16	864		22	2.479
				12	288		18	972		26	2.929
7	3	24,5	14	7	228,7	20	7	466,64	28	14	1.829
	4	33,3		8	269,3		10	666,7		16	2.091
	5	40,8		9	294		12	800		18	2.352
	6	49		10	326,7		14	933,3		20	2.613
	7			12	392		16	1.067		24	3.136
				14	457,3		20	1.333		28	3.659
8	4	42,67	15	7	262,45	22	10	806,66	30	15	2.250
	5	53,33		8	300		12	968		18	2.700
	6	64		10	375		14	1.129		20	3.000
	7	74,67		12	450		16	1.291		24	3.600
	8	85,33		14	525		18	1.452		26	3.900
				15	562,5		22	1.775		30	4.500

Cuadro XVI

momento resistente (W). Con este valor podremos hallar el cálculo de la sección necesaria de la madera. Para obtener el momento resistente de las secciones rectangulares que nos interesan se tiene que aplicar la fórmula indicada en la *figura 148 a*. Lo que interesa es obtener el momento resistente en función de los lados de la sección, que es la que queremos hallar, por lo que se recurre a los valores y relaciones, mostrados en el *cuadro XVI*, entre secciones regulares y momentos resistentes. También se puede fijar de antemano alguna relación respecto a los lados de la sección. Cuando ya se ha obtenido el valor de los lados de la sección, se tiene la escuadría óptima de los listones para poder resistir el peso que se haya previsto.

En la *figura 148 b* también se detallan otras fórmulas para calcular los momentos resistentes en función de los lados de diversas secciones que puedan intervenir en el entramado de una cubierta.

Una vez sabido el momento resistente, que viene dado en cm^3, basta con aplicar la fórmula apropiada al tipo de sección que deseamos que tenga la pieza.

Cálculo de los cabios

Para el cálculo de este tipo de piezas se sigue el mismo procedimiento descrito anteriormente, ya que tanto la *figura 148* como el *cuadro XVI* sirven para hacer los cálculos pertinentes. El peso que soporta cada cabio viene determinado por la distancia que medie entre los cabios y la luz de las correas.

Cálculo de las correas

El peso que recae en cada correa está influido por la distancia existente entre las correas y la luz que hay entre las cerchas. En términos generales, este cálculo se hace como se ha descrito anteriormente, ya que lo único que cambia entre listones, cabios y correas es la escuadría de cada uno de ellos.

Si las correas se fijan perpendicularmente sobre los pares, lo que es usual, nos encontraremos con el mismo caso de los listones, donde el peso o carga que gravita sobre las correas se descompone en dos. En el caso de que la inclinación de la cubierta sea muy acentuada, dada la importancia que tienen las correas en la estructura general, se utiliza, para efectos del cálculo de la sección, la suma de momentos.

Si se construye una cubierta sin cerchas, es decir, con costaneras en vez de pares, se puede dar el caso de que las correas sean reemplazadas por un entablado machiembrado grueso, bajo el cual se disponen las costaneras y, a modo de refuerzo, una viga transversal a éstas, de

Figura 149

manera que una vez que se haya terminado la construcción esta pieza quede a la vista *(figura 149)*. En este caso particular, también se calculan las piezas de forma análoga a lo que se ha descrito en los puntos anteriores.

Cálculo de las cerchas

Para calcular esquemáticamente una cercha, se dibuja ésta de modo que sobre cada uno de los nudos o encuentros de dos o más piezas se aplique la carga que le corresponda, dibujándose también el sentido de las fuerzas interactuantes. Dichas cargas equivalen a la superficie cargada sobre cada encuentro, esto es, a la distancia entre los nudos medida en sentido horizontal, multiplicándola por la separación entre armaduras y luego por la carga unitaria que se adopte, según sea la clase de material empleado en la cubierta y la sobrecarga.

De esta manera se pueden llegar a conocer las fuerzas exteriores, que una vez repartidas por la estructura de la cercha, sirven para conocer, mediante la descomposición de la fuerza inicial, el esfuerzo que debe realizar cada barra. Una vez que se conocen la magnitud, la dirección y la naturaleza de las fuerzas en función se procede a calcular las secciones correspondientes, de la misma manera que si se tratara de elementos simples, por tracción, compresión o flexión. En la *figura 150 a* se puede apreciar el esquema de una cercha analizada según la descomposición de fuerzas y el sentido de éstas.

El procedimiento más empleado para dicho análisis es el método de las figuras recíprocas o de Cremona, que es el más sencillo para este tipo de análisis. Para ejemplificar dicho método, se hace el análisis estructural y de fuerzas de una cercha sencilla. Como primera medida se dibuja esquemáticamente la cercha compuesta por dos pares, un pendolón y un tirante *(figura 150 b)*. Supongamos que existe una única carga llamada P, que se aplica en el vértice superior de la cercha D. Esta fuerza se reparte de manera simétrica por cada par, determinándose dos reacciones iguales en los apoyos e iguales a la mitad de la carga P. Usando el diagrama de la *figura 150 b* se hace a continuación un diagrama de fuerzas *(figura 150 c)*. Se traza una línea vertical y paralela a la fuerza P de la cercha, y sobre ella se transportan las reacciones a una escala de fuerzas arbitrarias, como puede ser que 1 cm = 500 kg, una a continuación de la otra, de modo que el segmento total valga P.

Para hallar los esfuerzos sobre las barras, se comienza por un nudo C de intersección de dos barras, formado por el par CD y el tirante CF, y, además, por la fuerza R_1. Esta fuerza, en el diagrama B de fuerzas la descomponemos en dos, trazando paralelas al par CD y al tirante CF, que dan los segmentos 1′ y 2′, respectivamente. Ya tenemos descompuesta la fuerza R_1 en dos, que son las fuerzas que accionan sobre las barras. Si ahora medimos con la escala de fuerzas (1 cm = 500 kg) los segmentos 1′ y 2′ tendremos la intensidad de estas fuerzas.

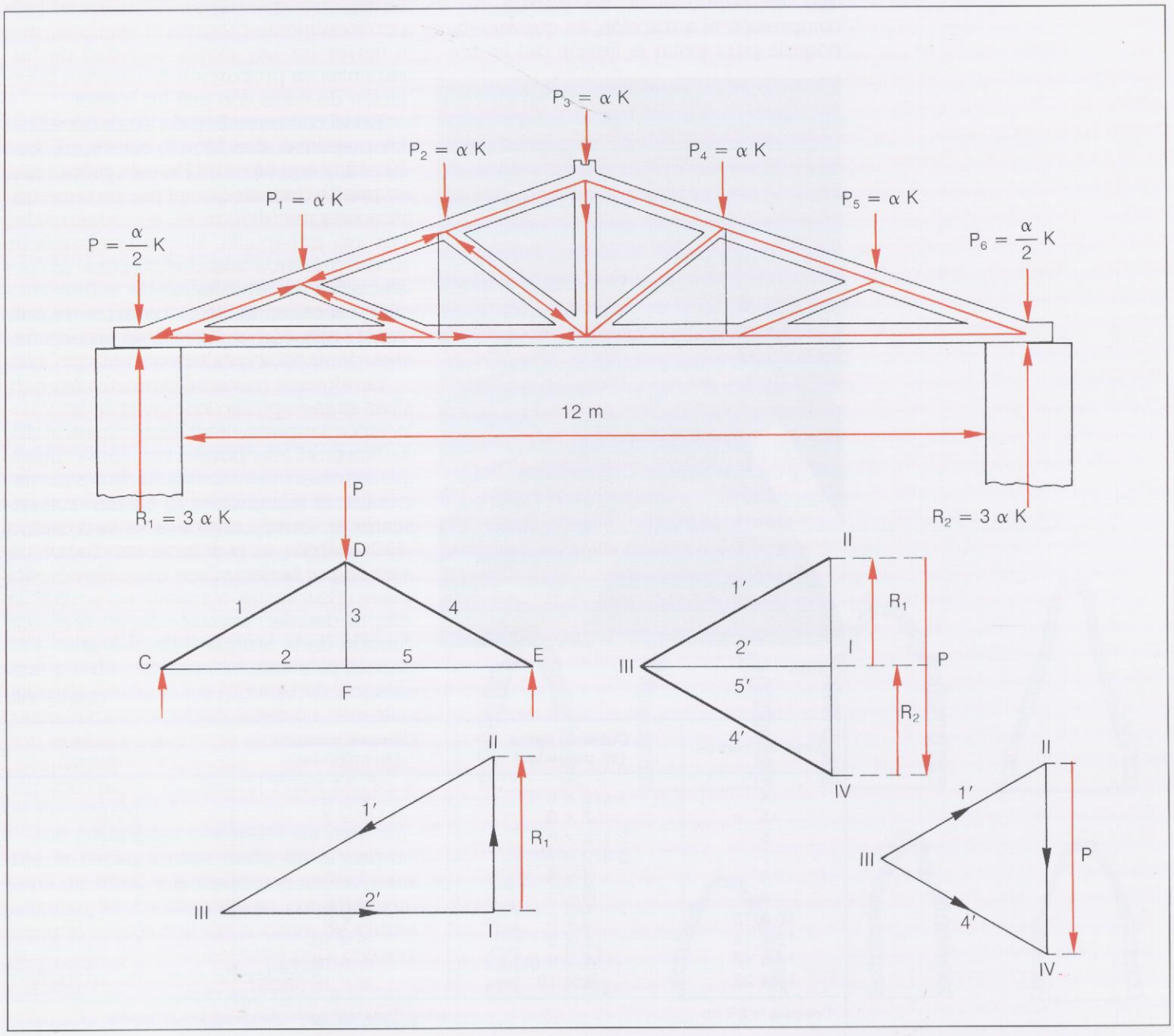
De forma análoga se procede para encontrar los esfuerzos del encuentro del vértice E. El nudo D no está sometido a ningún esfuerzo desconocido, ya que el 1′ y el 4′ se conocen, y el 3, por coincidir los esfuerzos 1′ y 4′ en el vértice III, no soporta ningún esfuerzo.

Para conocer si los esfuerzos son de tracción o de compresión, es necesario dotar de signo o sentido los esfuerzos reunidos en cada diagrama parcial, por lo que es preciso que dicho esquema tenga las flechas indicadoras de signo dirigidas a un mismo sentido.

Para resumir todo esto podemos decir que una barra trabaja a tracción cuando la correspondiente fuerza se aleja de la unión que se observa, y a compresión cuando la fuerza se acerca.

Para comprender mejor este concepto, en las figuras *150 d* y *e* se muestra el diagrama de fuerza de la *figura 150 c*. Analizándolos uno por uno, vemos, por ejemplo, en la *figura 150 d* el diagrama parcial de las fuerzas que actúan sobre el vértice C con los signos de las fuerzas que lo componen. Para esto se ha seguido la dirección de la fuerza R_1, que va hacia

Figura 150



arriba y que es la única conocida (P/2); siguiendo el sentido inverso al horario podemos ver cómo del vértice II se pasa al vértice III, por lo que se puede deducir que la fuera 1′ va hacia la unión o vértice C, por lo que el tramo DC trabaja a compresión. Además, podemos darnos cuenta que del vértice III se pasa al vértice I, y observando esta tendencia de separación del nudo C, estamos en situación de deducir que la fuerza 2′ hace trabajar el segmento CF a tracción.

En la *figura 150 e* se aprecia cómo trabajan las tres barras o segmentos que coinciden en la unión o nudo D. Ya conocemos el sentido de la carga P y de la fuerza 1′; a partir del punto IV, trazamos una paralela a la 4 que pasa por el punto III, por lo que la tensión de la fuerza 3 es nula, y la fuerza 4′ del segmento DE trabaja de igual manera a compresión. Aunque el pendolón 3 no trabaja ni a compresión ni a tracción, es conveniente ponerlo para evitar la flexión del tirante.

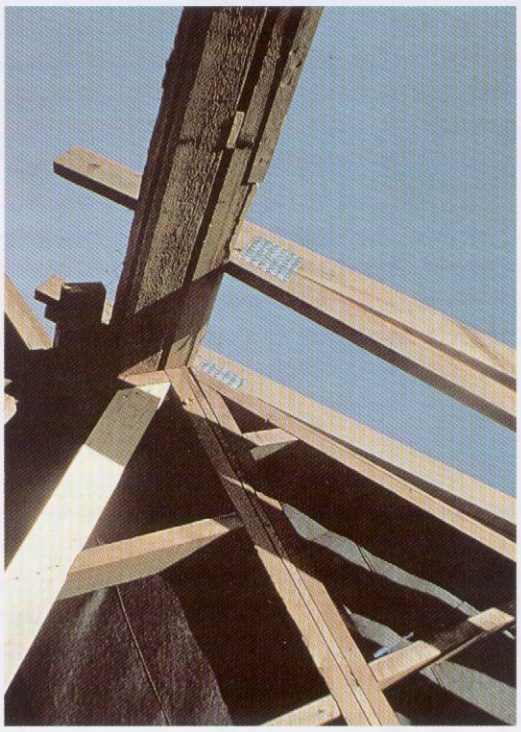


Figura 151

RELACIÓN ESCUADRÍA-LUZ

Aunque no todas las piezas que conforman una cercha tienen la misma escuadría, se puede generalizar una sección base, ya que los principales elementos estructurales sí son equivalentes.

En el *cuadro XVII* se describe la relación que existe entre tres tipos de cubiertas (según su peso muerto) y la luz que deben salvar. Para la confección de este cuadro se ha considerado un distanciamiento entre cercha y cercha de 3,5 a 4 m y, además, la madera empleada para la construcción de estas armaduras es el pino, excepto en aquellos casos en que se explicita el melis.

La relación que existe entre la luz que debe cubrir una cercha y el número de tornapuntas que deben reforzarla es proporcionalmente progresiva, es decir, que a mayor luz hay mayor cantidad de tornapuntas en proporción creciente a la relación de éstas con una luz menor.

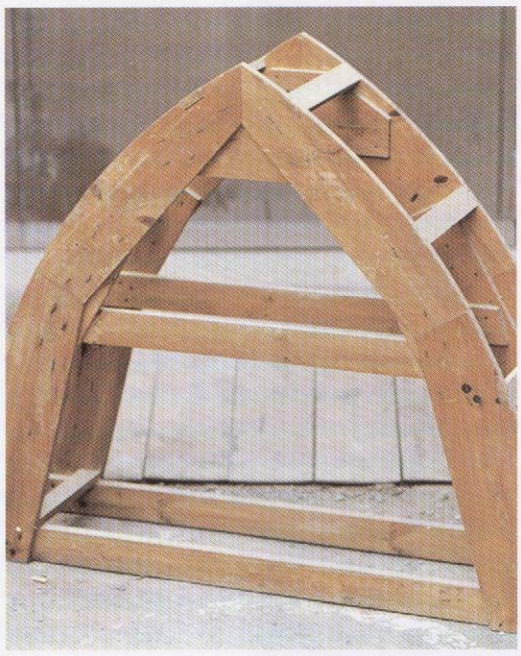
Es así como con 8 m de luz se necesitan 2 tornapuntas, con 12 m 4, con 16 m 6, con 20 m 8, y con 24 m 10. De esta proporción se puede deducir que el par no tiene tramos mayores de 2 m sin estar reforzados por una tornapunta, lo que ayuda mucho a los primeros elementos para no ser afectados por el esfuerzo de la flexión.

Se recomienda, en el momento de proyectar una cercha, dividir el par en tramos de apoyos iguales entre sí.

En algunos casos, al construir las cerchas se reemplazan los clavos de las uniones por las placas metálicas de unión. En la *figura 151* se puede ver cómo dichas placas unen en un solo nudo las tornapuntas, la mangueta y el tirante, aumentando en forma considerable la cohesión de la cercha, al reducirse los efectos de torsión por la naturaleza de la fijación del clavo. Esta unión aumenta en un 5 % la efectividad de la sección de la cercha en función de la luz que deba salvar.

Cuadro XVII

Luces en metros	Cubierta ligera (en pulgadas)	Cubierta mediana (en pulgadas)	Cubierta pesada (en pulgadas)
4	1 1/2 × 6	2 × 6	2 1/2 × 7
5	2 × 6	2 1/2 × 7	3 × 6
6	2 1/2 × 6	3 × 6	3 × 7
7	2 1/2 × 7	3 × 7	3 × 8
8	3 × 6	3 × 8	3 × 9
9	3 × 7	3 × 9	4 × 9
10 a 12	3 × 8	4 × 9	4 × 10 (p.r.)
12 a 14	4 × 9	4 × 10	5 × 10 (p.r.)
14 a 18	4 × 9 (p.r.)	5 × 10 (p.r.)	6 × 10 (p.r.)
18 a 22	4 × 10	6 × 10 (Melis)	7 × 10 (Melis)
1 pulgada ≈ 2,5 cm		p.r. = Pares reforzados hasta la primera tornapunta	



8 Cimbras

En términos absolutamente constructivos, se puede describir la cimbra como una matriz de madera que permite obtener, sostener y apuntalar diferentes conformaciones de carácter curvilíneo de manera provisional.

A lo largo de la historia de la construcción se han usado las cimbras en las edificaciones, dando testimonio de la evolución de arcos, bóvedas, bóvedas de cañón, cúpulas y vanos curvados de los más diversos desarrollos.

Como dato curioso diremos que en la América precolombina no se conoció el desarrollo y construcción de ninguna estructura que dinámicamente salvara una luz a través de la repartición continua y curva, siendo la mayor aproximación la llamada bóveda falsa o de piedras saledizas, elaborada por la cultura maya, consistente en cubrir el espacio entre dos muros haciendo avanzar sillares de piedra entre sí hasta culminar en el espacio que puede cubrirse con una sola piedra, llamada piedra clave *(figura 152)*. Por esta razón dichas construcciones no necesitaron cimbras, ya que no alcanzaron las dimensiones conocidas en Europa, especialmente durante la Edad Media y el Renacimiento.

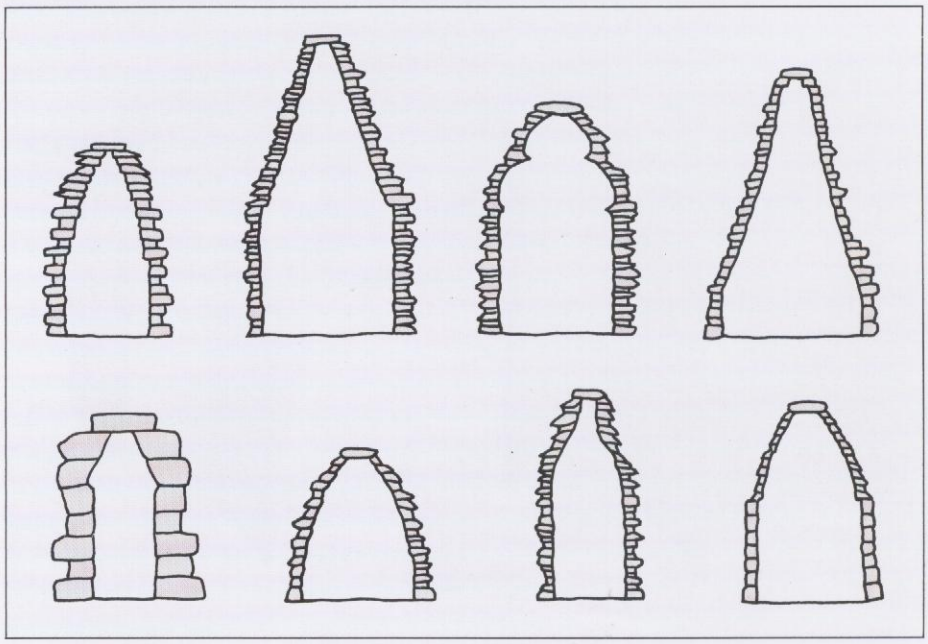
Las cualidades generales de una cimbra la hacen formar parte de la carpintería de obra, y actualmente se usa para sostener arcos durante su construcción, hasta la colocación de la clave de cierre en el vano; también se utiliza para reparar o demoler una obra abovedada.

El tipo de cimbra que haya que usar dependerá, principalmente, de la clase de arco que se quiera construir, aunque factores como la luz que se vaya a salvar, el peso y el material utilizados y el espesor de la muralla en que estará inserta la abertura condicionan bastante la estructura final de una cimbra.

Desde un punto de vista estructural, la cimbra debe soportar el peso del arco sin deformarse o flectarse durante todo el proceso de consolidación de éste, y también tiene que estar pensado para que al retirarse la cimbra, la construcción no sufra ningún daño; esta operación se denomina descimbrado.

La madera más usada para la confección de cimbras es el pino seco de primera calidad, sin nudos ni fendas, aunque

Figura 152



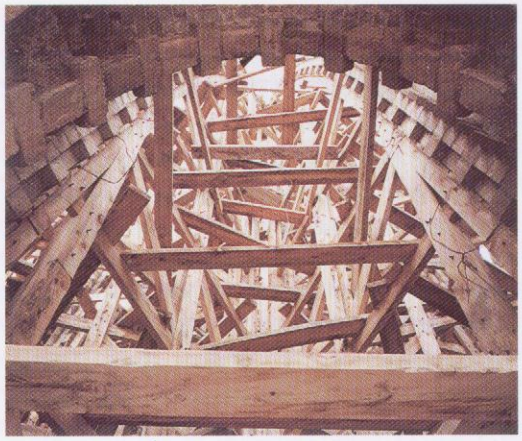
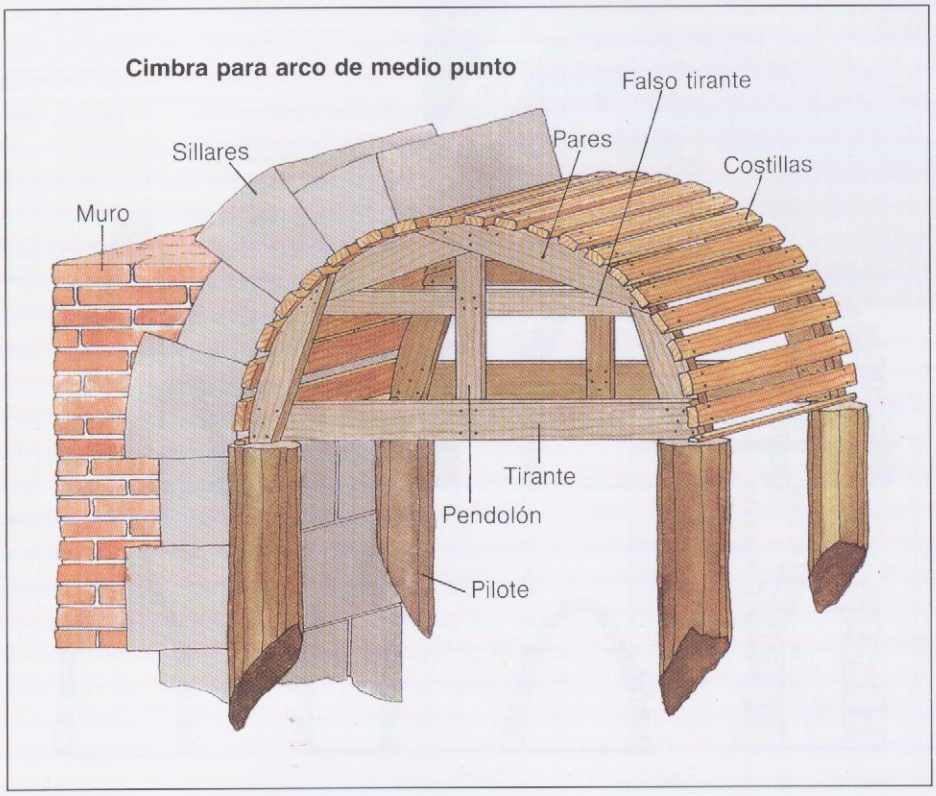


Figura 153

si las dimensiones del arco que se haya de realizar son considerables, se opta por la elección de una madera más resistente. En consideración a esta cualidad y en lo que respecta a los ensambles de cimbra, éstos serán lo más sencillos posible a fin de no debilitar las secciones en contacto y, además, que la mayor cantidad de estas piezas se puedan usar en otros trabajos similares, a fin de economizar madera y reciclar material. En la construcción de una cúpula, como la que se muestra en la *figura 153*, de sección ojival, se puede apreciar la gran cantidad de madera que se debe emplear para dar resistencia y buena sustentación a las piedras que conforman la estructura final. Por lo que una construcción de este tipo es muy costosa, tanto en su materialidad permanente (muros de piedra) como en su materialidad provisional (cimbras, andamios y encofrados), y cualquier recuperación de material es recomendable.

Figura 154



PARTES DE UNA CIMBRA

Los principales elementos que constituyen una cimbra son los que se muestran en la *figura 154*, en un modelo de soporte para arco de medio punto, y que se detallan a continuación:

— Tirante: es la pieza horizontal, al igual que en una cercha, donde descansa el armazón.

— Falsos tirantes: son piezas paralelas al tirante que refuerzan y complementan la función de éste.

— Pares: son las piezas que unen el vértice con los extremos del tirante, que se presentan como largueros o bien como piezas cortadas según el perfil del arco en uno de sus cantos.

— Pendolón: es la flecha del arco que une el punto medio del tirante con el punto más alto del arco.

— Tornapuntas: son piezas inclinadas que hacen descargar diferentes puntos de los pares en el tirante.

— Cuchillo: es, como en el caso del armazón para techumbre, el conjunto de elementos anteriormente descritos.

— Costillas: son las tablas o listones que unen los cuchillos; este forro de cimbra es el que está en contacto directo con el material que hay que sustentar, el cual es de mayor o menor continuidad en su entablado, aspecto que depende de la naturaleza de éste.

— Pilotes: son los maderos tipo rollizos, sobre los cuales se apoya la cimbra por sus extremos al colocarla en su posición de trabajo.

CLASES DE CIMBRA

Se distinguen las siguientes clases de cimbra, según su relación de apoyo con el medio construido:

Cimbra fija

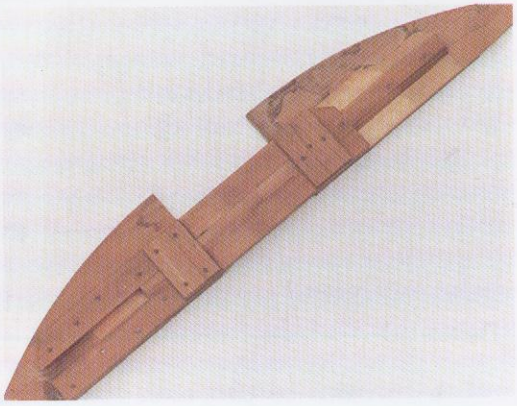
Es aquella que se apoya en puntos intermedios entre los estribos del arco de la bóveda.

Cimbra volante

Es aquella que se apoya en los estribos.

Figura 155

Figura 156



Cimbra giratoria

Es aquella que puede ser rotada a partir de un eje vertical, y que se emplea para hacer cúpulas de forma sucesiva por medio de rotaciones.

Cimbra suspendida o aérea

Es la que queda sostenida sobre el espacio que ha de construirse, sin que medie ningún apoyo intermedio.

APLICACIÓN DE CIMBRAS

Como ya se ha dicho anteriormente, el nombre de la cimbra viene dado por el tipo de vano o superficie que se quiere lograr; a continuación se hace referencia a las principales construcciones obtenidas hoy en día por medio de cimbras.

Cimbra para bóveda de pequeño arco

Es el tipo de cimbra más sencillo y de menor tamaño. Generalmente se coloca entre vigas de madera o metálicas y, cuando se trata de luces pequeñas, la cimbra, de igual altura y de un desarrollo de curva moderado, se hace tal como se muestra en las *figuras 155* y *156*, en donde se aprecia la misma cimbra con un mecanismo de hoja corredera para así poder adaptarse a diferentes anchos de luz entre vigas. En la *figura 157* se puede ver la bovedilla ya terminada, en este caso entre dos vigas de madera pintadas. Este tipo de cimbra corresponde a las cimbras suspendidas o aéreas que tienen poca envergadura.

Figura 157

Cimbra para ventana

Como el espesor de un vano de ventana es equivalente al del muro en el que está inserta, se tendrá que hacer una cimbra constituida por dos cuchillos iguales que se unan con las costillas que tienen una longitud igual al espesor del muro. En la *figura 158* se puede ver una de estas armaduras ya descimbrada.

Figura 158

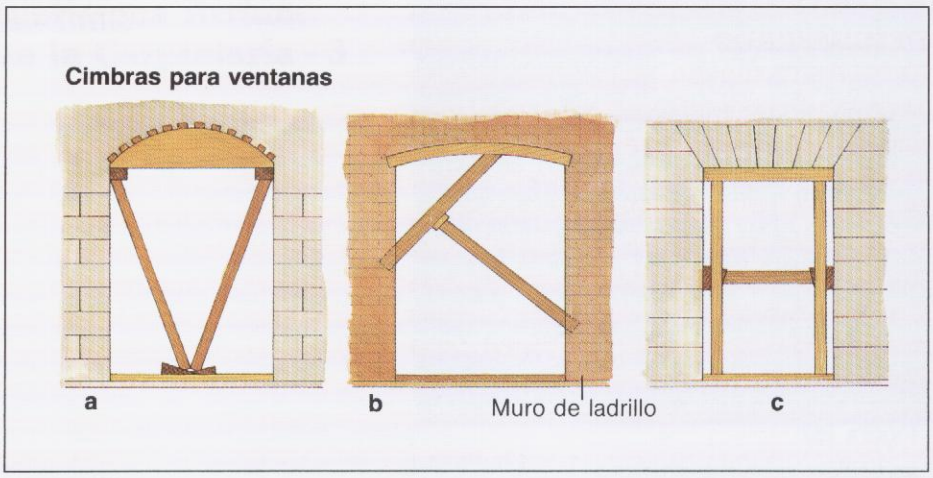


Figura 159

La cimbra se mantiene en su lugar por medio de dos tacos, sujetos con material de obra y sostenidos por dos tornapuntas acuñadas en su parte inferior, tal como se aprecia en la *figura 159 a*.

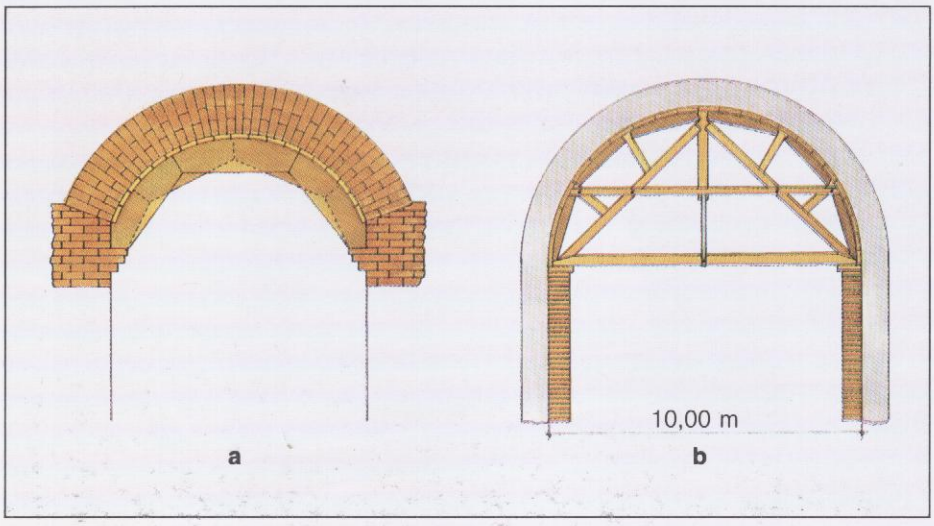
En la *figura 159 b* se presenta una cimbra sencillísima para ventana, que puede emplearse en la construcción de un arco rebajado de fábrica de ladrillo. Consiste en una tabla apoyada en un punto medio por otra colocada a 45°, la cual es apoyada a su vez por otra puesta a tornapunta. Ambas tablas se apoyan fuertemente en los muros.

En la *figura 159 c* se representa otra cimbra, que tiene su aplicación cuando el arco adintelado se construye en sillería, donde el cuchillo se reduce a una pieza horizontal apuntalada en sus extremos y apoyada lateralmente por medio de piezas auxiliares.

Cimbra para puerta con arco de medio punto

En la *figura 154* vemos un ejemplo gráfico de este tipo de cimbra, que se utiliza en los arcos de 4 m o más de luz.

Figura 161



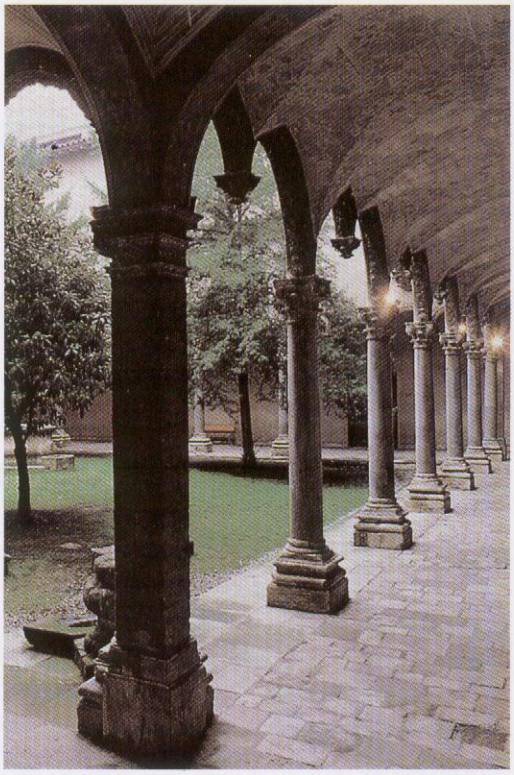


Figura 160

Los cuchillos se preparan con piezas sobrepuestas y clavadas con puntas, y, si fuera necesario, se emplean tornillos con tuercas.

La cimbra se completa al colocarse las costillas que unen los dos o más cuchillos si el ancho y la luz del arco así lo requieren. Prácticamente, las costillas son un forro que fluctúa, según la curva que se deba lograr, entre un entablado que está separado por el contraplacado hidrófugo y las láminas de fibras que permiten la obtención de un acabado más limpio, liso y perfecto.

Cimbra para arco

En los arcos de poca importancia se utilizan unas cimbras llamadas tambores, formadas por dos tableros recortados según el perfil del arco y unidos por listones para formar el asiento del arco.

En la *figura 160* se pueden ver unos hermosos arcos renacentistas, apoyados en pilares cuyos capiteles marcan de alguna manera el lugar de apoyo de las cimbras que construyeron estos magníficos arcos de medio punto, que son de mayor envergadura que los anteriormente descritos.

Otra modalidad, usada para arcos de 4 a 6 m de luz, es la que sustituye el cuchillo por dos cerchones de tabla de 2 a 4 cm de espesor, clavados sólidamente y recortados de manera que el borde aplan-

tillado tenga la figura del arco sobre estos bordes; para construir el caparazón se clavan tablas o listones y se rejuntan las rendijas con barro y arena. Este tipo de cimbra se apoya por sus extremos, generalmente sobre unas cornisas de ladrillo *(figura 161 a)*. Para preparar y dar forma a los cerchones, se dibuja el desarrollo del arco en el suelo y sobre él se recortan y se clavan las tablas según la matriz gráfica.

En la *figura 162* se observa la construcción de un grupo de arcos elipsoidales por medio de cimbras, que se van estructurando a través de un pendolón prolongado y varios tirantes que cada dos metros reciben las tornapuntas. Este tipo de arco puede alcanzar alturas mayores que los de medio punto, por lo que las cimbras que lo soportan necesitan para su construcción un cierto conocimiento estructural por lo que respecta a la misma cimbra.

CIMBRA PARA ARCO RESISTENTE

En el caso de cimbras de arcos que deben soportar grandes cargas, sus uniones se hacen con tornillos, con puntales dispuestos en forma triangular que descansan sobre un tirante y sobre una doble estructura de empuje.

Como en el caso de las cerchas, las cimbras están calculadas en su entramado, para la debida repartición de fuerzas y dimensionamiento de las escuadrías para así obtener una buena proporción entre las secciones y las cargas que se han de sostener.

En la *figura 161 b* se puede ver la estructura adecuada para soportar la fuerza generada por un arco que debe salvar 10 metros. Es muy importante que los apoyos de la cimbra sean seguros y fuertes, de manera que el peso se distribuya sobre la mayor superficie posible.

Las uniones y empalmes de las estructuras se hacen procurando que el número de ellas sea el menor posible, ya que hay que tener en cuenta que en cada unión se debilita la sección afectada aunque la junta sea la adecuada. En esta figura se puede apreciar cómo las tornapuntas descansan sobre unas piezas de tipo par, que a su vez descansan en los apoyos de base y en el tirante auxiliar. El pendolón es de doble sección, una de 12 × 20 cm entre la cúspide de la cimbra y el punto medio del tirante auxiliar que actúa a compresión por todas las cargas perimetrales, y el segundo pendolón de 8 × 13 cm, que tiende a actuar a tracción, evitando que el tirante principal se flecte.

DESCIMBRADO

Es un procedimiento muy delicado que implica la sustracción de la cimbra de arcos, bovedillas y bóvedas, después que el proceso de construcción ha terminado.

Existen dos casos de descimbrado, el de arco y el de bóveda.

Descimbrado de arco

Si en el cálculo de un arco se ha considerado el esfuerzo que implica la adherencia y cohesión de los morteros que se pueden adherir a la cimbra, como suele suceder con los arcos de sillería, el descimbrado puede efectuarse inmediatamente después de haberse terminado la construcción.

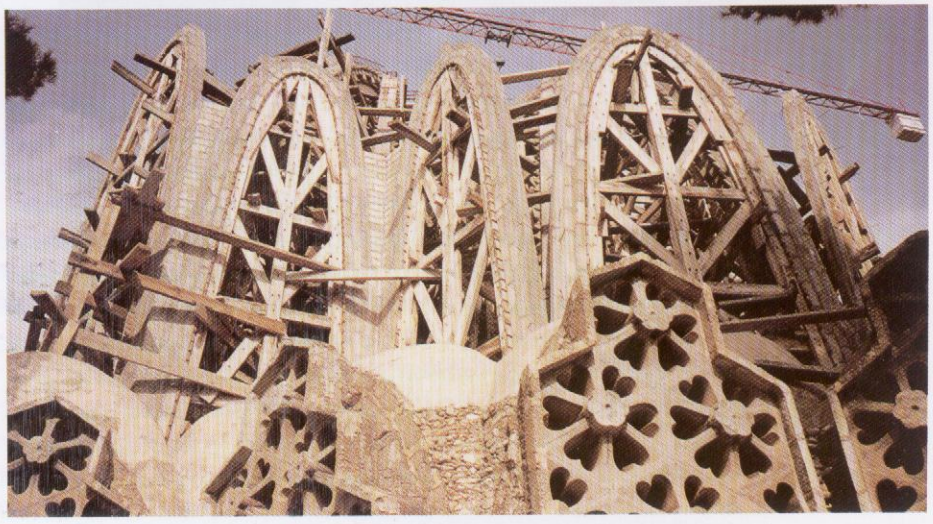
Cuando se trata de descimbrar arcos de ladrillos, hay que esperar a que el mortero haya alcanzado un cierto punto de fraguado suficiente para que el arco se sostenga por sí solo, pero tampoco habrá que excederse en el tiempo de secado, ya que de lo contrario sería muy difícil sacar la cimbra sin que se dañara el arco y aparecieran grietas y roturas.

El arco de pequeña luz y de medio punto, construido en ladrillo y mortero hidráulico, facilita con esto el descimbrado rápido, reduciéndose considerablemente el tiempo de separación, al contrario de lo que sucede en el caso de un arco de luces amplias que esté elaborado con mortero ordinario.

Descimbrado de bóveda

Cuando se trata de una bóveda de ladrillo se sigue el mismo procedimiento in-

Figura 162



dicado para los arcos de ladrillos, es decir, se dejan transcurrir los días necesarios para que el fraguado asegure un desmonte adecuado, por medio de un descenso gradual y uniforme de la armadura, realizado por el desplazamiento de cuñas de apoyo de los pies derechos y otro procedimiento que asegure una completa separación de la cimbra y el intradós de la bóveda. Tras este procedimiento es conveniente revisar la superficie de la bóveda recién descubierta con la finalidad de cerciorarse de que no exista ninguna grieta.

Durante esta operación es recomendable poder detener el descenso en todo momento, y si fuera necesario por alguna anomalía o peligro de desprendimiento, poder elevar la cimbra para ponerla otra vez en contacto con la bóveda hasta que el fraguado se haya completado.

De los muchos procedimientos que existen para regular mecánicamente el descenso de la cimbra se destacan los siguientes:

DESCIMBRADO POR MEDIO DE LEVAS O MOVIMIENTOS EXCÉNTRICOS

Este mecanismo es recomendable para cimbras de poca importancia, en donde las cargas no son considerables, ya que si lo son resultará difícil controlar los movimientos de desmontaje si no es por medio de complicados mecanismos *(figura 163 a)*.

DESCIMBRADO POR MEDIO DE CUÑAS

Para este procedimiento se utiliza el deslizamiento de dos cuñas encontradas de madera muy dura, con poco declive entre ellas, de manera que los pies derechos que sostienen la cimbra puedan descender al imprimir a ambas cuñas (en cada apoyo) un movimiento deslizante en el sentido indicado por las flechas. Este movimiento se consigue golpeando con sumo cuidado la testa menor de la cuña inferior, hasta que se inicia el movimiento, previniendo que, debido al efecto del peso de toda la estructura superior, las cuñas puedan salir expulsadas con fuerza *(figura 163 b)*.

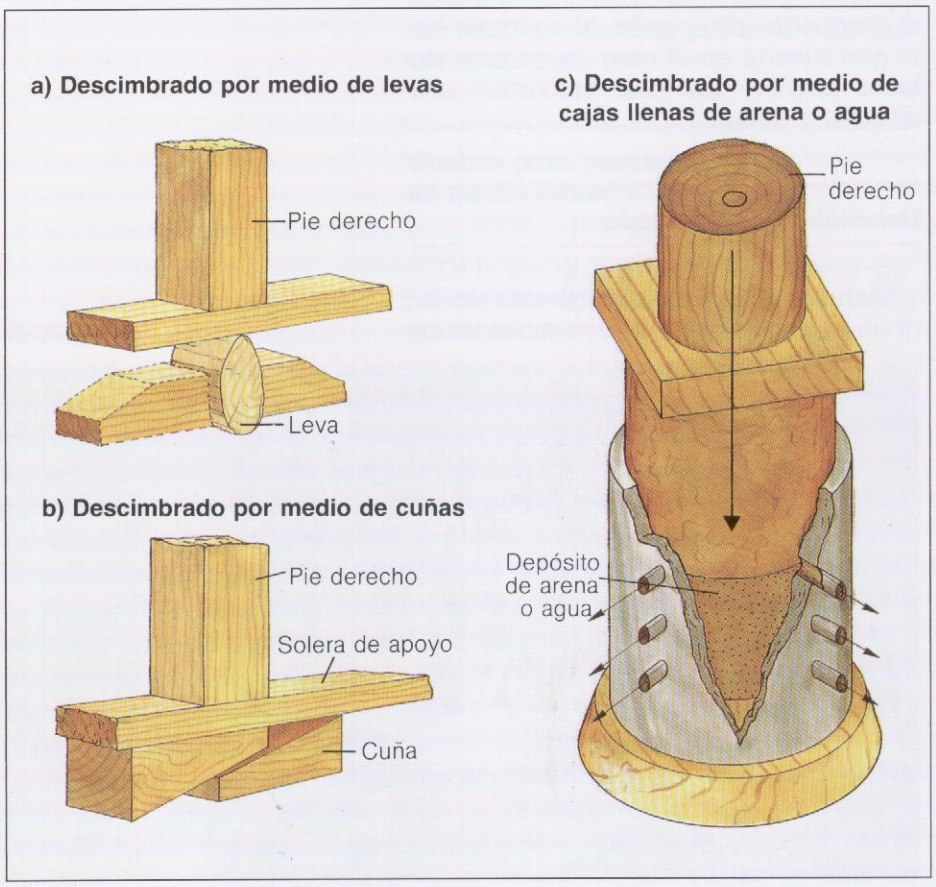
DESCIMBRADO POR MEDIO DE CAJAS LLENAS DE ARENA O AGUA

Es uno de los mejores procedimientos para descimbrar, ya que es más resistente que el de cuñas y más seguro y simple que el de levas. Consiste en la colocación entre la cimbra y la solera de unas cajas formadas por un cilindro hueco de palastro, en una de cuyas bases ajusta perfectamente el fondo de madera que le servirá de base, siendo la parte que queda al exterior de sección cuadrada. De esta manera queda armada una caja cerrada herméticamente por su base inferior, mientras que por su cara superior queda abierta. El cilindro de palastro, que es el que constituye las paredes de la caja, tiene unos orificios terminados en tubos de pequeña sección que se cierran a rosca.

Esta caja se llena con arena silícea y por su cara superior se hace descender un cilindro macizo de casi igual diámetro al del palastro, que hace de émbolo. Este émbolo tiene una sección cuadrada por el lado que le toca recibir el pie derecho, que a su vez sostiene la cimbra.

Para que se produzca el descimbrado se procede a abrir los orificios para que la arena, o en su defecto el agua, pueda salir a presión por el peso de toda la armadura superior. Para detener la operación basta con tapar los orificios, obteniéndose con esto una regulación muy buena del descenso paulatino de la cimbra *(figura 163 c)*.

Figura 163



Agradecemos la ayuda que para la ilustración de esta obra
nos ha sido prestada gentilmente
por las siguientes personas y entidades:

Broncería Bolíbar. Barcelona

OCEANO/CENTRUM